

[특별조사 2024-003]



해양사고 특별조사보고서

- 유류 및 액체화학품산적운반선 켈시2호 침몰사고 -

사고일자 : 2022.10.15.

공표일자 : 2024.08.06.



중앙해양안전심판원 특별조사부

참고사항

이 보고서는 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제18조의3에 따라 해양사고의 원인을 규명하고 사고 교훈을 공유함으로써 향후 유사한 해양사고 발생을 방지하기 위하여 작성 되었으므로, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

이 보고서에 기술된 관련 법령 및 기관 명칭 등은 보고서 작성 당시 시점을 기준으로 작성 되었음을 알려드립니다.

목차

1. 사고 개요	2
2. 사실 정보	5
2.1 선박제원	5
2.2 선박소유자 및 운항관계	6
2.3 승선원 구성	7
2.4 선박구조	8
3. 사고 경위	11
3.1 홍콩 입항·선적 및 출항	11
3.2 선수창고 침수 및 1차 선회	12
3.3 항해 재개 및 2차 선회	14
3.4 좌현경사 증가 및 피항결정	17
3.5 퇴선결정 후 구조요청, 구조작업 및 침몰	19
3.6 피해상황	21
4. 사고 분석	23
4.1 사고 당시 적재상태	23
4.2 기상예보에 따른 항로설정 및 출항결정	25
4.3 악천후 항해 대비 점검	28
4.4 선수창고 침수 원인	29
4.5 침수 발생 시 피항판단	35
4.6 좌현경사 발생 원인	37

4.7 좌현경사 및 피항 시 운동분석	40
4.8 인양선체 조사	43
5. 결론	46
6. 권고	49
6.1 기상상황을 고려한 항로 및 피항지 선정	49
6.2 악천후 항해 출항 전 점검 철저	49
6.3 침수상황 발생 시 즉시 피항 실시	50
6.4 비상상황 시 적극적인 육상지원의 실시	50

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 켈시2호는 2002년 일본에서 건조된 대한민국 제주도 선적의 유류 및 액체화학품산적운반선으로 2022년 10월 12일 10시 05분경 홍콩에서 베이스오일 (Base oil)을 선적¹⁾한 후 대한민국 군산을 향하여 출항하였다.
- 1.2 켈시2호가 출항할 당시 기상은 좋지 않을 것으로 예보되었지만 선장은 피항하지 않고 대만해협 쪽으로 항로를 설정하고 출항하기로 하였고, 비상 시를 대비하여 중국 연안으로 가까이 붙어서 항해할 것을 계획하였다. 켈시2호가 출항한 후 하루 동안은 날씨가 비교적 양호했으나 출항 다음날인 2022년 10월 13일 오후부터 풍력계급 6 이상의 북동풍이 불었고, 파고가 4미터 내지 6미터로 일었다.
- 1.3 한편 출항 후 11시간이 지난 2022년 10월 12일 21시경 선수횡추진기실의 알람이 울렸고 당직항해사는 경보가 오작동 된 것으로 생각했다. 다음 날인 10월 13일 08시 30분경 선수횡추진기실 빌지알람이 다시 울렸고, 펌프를 가동하자 알람은 곧 꺼졌다. 같은 날 14시경 선수창고에 440볼트 절연알람도 발생했다.
- 1.4 이에 선장은 선수창고 이상 여부를 확인하고자 하였으며 선수에서 부는 강한 바람을 피하기 위해 선박의 침로를 약 46도에서 약 220도로 선회시켰고, 기관장 등 선원들에게 선수창고 점검을 지시하였다. 점검 결과 선수창고 내부 바닥에서 약 1미터 정도의 높이까지 침수된 사실을 확인하였다.
- 1.5 켈시2호 선장은 지에스 (GS : General Service) 펌프와 휴대용 에어펌프를 동원하여 배수작업을 했으나 선체 동요로 작업이 쉽지 않았다. 선장은 선적용 컴퓨터 (Loading computer)의 화물적재 프로그램을 통해 선수창고 침수 상태에서의 선박 안전성과 감항성을 확인하였고, 항해를 계속할 수 있다고 판단했다.
- 1.6 다음 날인 2022년 10월 14일 08시 45분경 켈시2호 선장은 배를 다시 선회하여 선수창

1) 화물적재량 : 총 7,306.305톤((베이스오일 3,499.376톤 + 페놀 3,806.929톤(태국 맵따푹항에서 선적)), 평형수 적재량은 기재되어 있지 않으나 홍콩항에서 5번 평형수 탱크 좌현과 우현에 각 150톤씩 적재하였다고 선장 진술(2024년 3월 6일)

고를 확인하였다. 확인 결과 선수창고 입구의 계단 윗쪽까지 물이 차오른 것을 보았다. 선장은 약 두 시간 동안 배수작업을 진행하였으나 수위에는 거의 변화가 없었다.

- 1.7 켈시2호 선장은 당시 기상예보와 그간의 항해경험으로 볼 때 대만해협 위쪽으로 가면 날씨가 호전될 것으로 판단하고 같은 날 12시 06분경 군산으로 항해를 재개하였다.
- 1.8 2022년 10월 14일 16시경 켈시2호의 경사가 좌현으로 약 2도 내지 3도 정도로 기울었다. 같은 날 20시경에는 경사가 계속 기울어져 5도 내지 7도 상태가 되었다. 당직항해사는 선장을 호출하였다.
- 1.9 같은 날 21시경 선장은 호출을 받고 조타실에 올라왔고, 경사를 바로 잡기 위해 우현 평형수 탱크에 평형수를 주입하였으나 경사는 잡히지 않았다. 선장은 상황에 변화가 없자 같은 날 22시경 피항을 결정하고 배를 선회하려 했지만, 선박은 좌현 경사 되어있고 바람과 파도는 강해서 회두가 잘되지 않았다. 선장은 약 3시간 동안에 걸쳐서 켈시2호를 선회시켰고 10월 15일 01시경 침로는 약 220도가 되었다.
- 1.10 켈시2호 선장은 인근 항구로 피항을 위해 무선국에 호출을 시도하였으나 교신이 잘되지 않았다. 2022년 10월 15일 02시 40분경 선장은 더 이상 항해가 불가능하다고 판단하여 퇴선을 결정하고 위성조난신호를 발신했다.
- 1.11 같은 날 05시 20분경 대만의 구조헬기가 도착하였고, 이어서 중국 구조대 선박과 헬기가 도착하여 선원들을 구조하였다. 구조된 선원들은 대만의 타이중과 중국의 샤먼으로 각각 이동했다. 같은 날 11시경 켈시2호는 전복되었고, 이후 16시 30분경 침몰하였다. 선원들은 모두 구조되었으나 이송 중 일등항해사가 사망하였다.

section

2

사실 정보

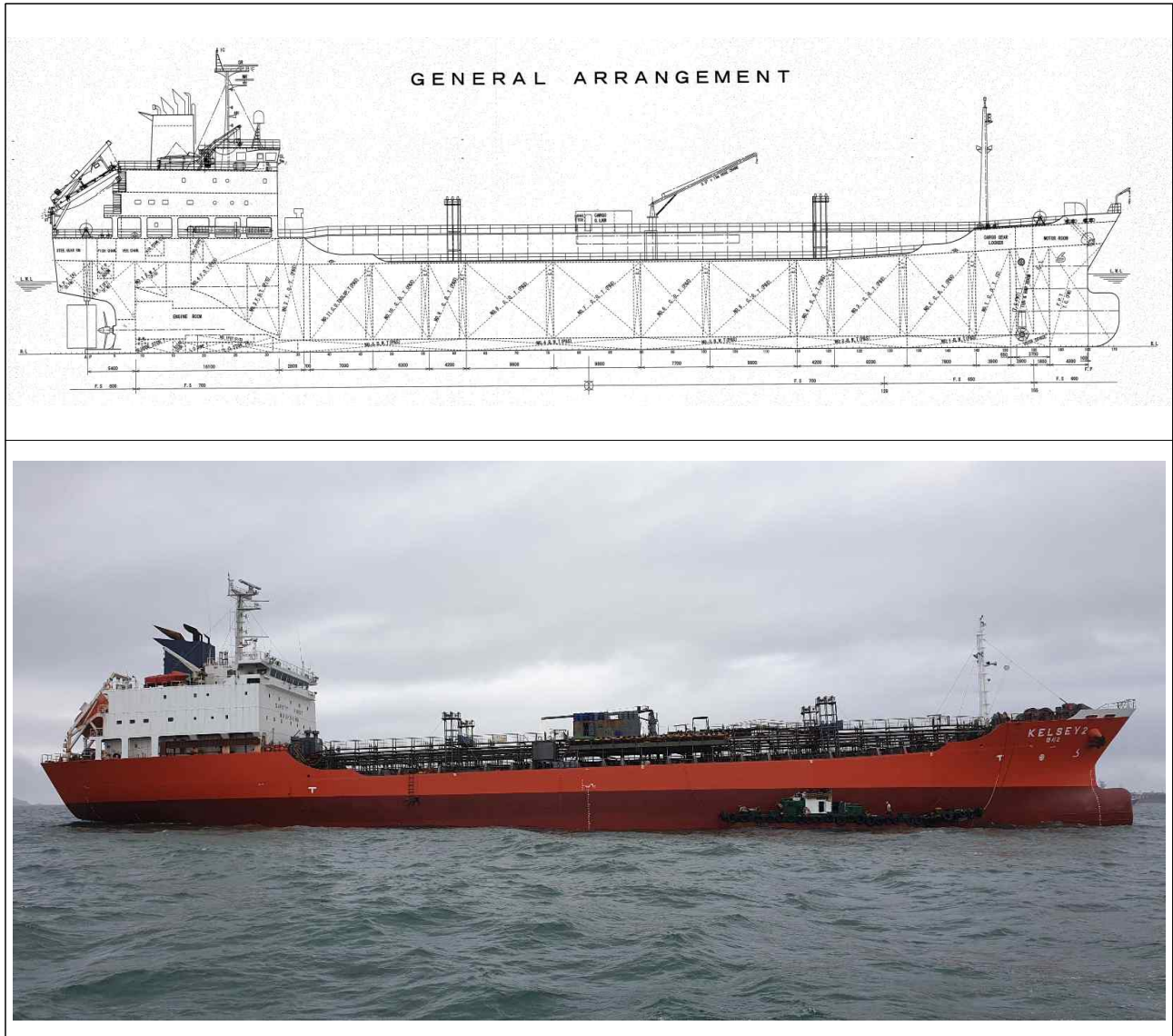
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

선 명	켈시 2(KELSEY 2)
국 적	대한민국
선 적 항	제주
IMO 번호	9254214
선박용도	유조선(유류 및 액체화학품산적운반선)
선박소유자	(주)우신선박
안전관리사	(주)이스턴탱커
조 선 자	일본 쿠리노우라 조선소(Kurinoura Dockyard Co., Ltd)
진수일	2002년 03월 14일
선박검사기관	사단법인 한국선급
총 톤 수(톤)	5,328
길이(미터)	112.40
너 비(미터)	17.20
깊 이(미터)	9.80
주 기 관	디젤엔진 1기
최대출력(킬로와트)	3,900
추 진 기	나선추진기 1기

2.1.2 켈시2호는 2002년 3월 14일 일본 쿠리노우라 조선소에서 건조된 선박으로 총톤수 5,328톤, 길이 112.40미터, 너비 17.20미터, 깊이 9.80미터이며, 최대출력 3,900 킬로와트의 디젤기관 1기를 장치하고 있는 제주시 선적의 유류 및 액체화학품산적운반선이다.



<사진 1> 켈시2호 일반배치도(상), 켈시2호 전경(하, 선사제공)

2.2 선박소유자 및 운항관계

2.2.1 켈시2호의 소유자는 (주)우신선박(Wooshin Marine Co., Ltd.)이며, 2019년 7월 1일 (주)제이브로쉬핑(J-Bro Shipping Co., Ltd.)과 정기용선(Time Charter) 계약을 체결하였다. (주)우신선박은 선주로서 일본선주책임상호보험조합(Japan P&I Club)과 보험계약을 체결하였다.

2.2.2 켈시2호의 안전관리대행자는 (주)이스턴탱커(Eastern Tanker Co., Ltd.)로 2016년 07월 04일 선주와 선박관리자로서 선박관리계약을 체결하였다. 해당 계약서 상 선박관리자의 업무범위는 선원관리, 공무관리, 메이저(Major) 검사관리²⁾ 및 시스템관리

(ISM, ISPS) 분야이며, 기타 선주로부터 요청받거나 위임받은 업무를 수행하고 있다. 본 선박의 항해 지시 등 운항관리 분야는 용선주인 (주)제이브로쉬핑이 수행하고 있으며, 선원의 근로계약에 있어서 선장은 (주)이스턴탱커와 계약을 체결하였다.³⁾

2.2.3 켈시2호는 베트남, 인도네시아, 홍콩, 중국 등 아시아 지역과 군산, 여수, 울산 등 한국 지역을 운항하면서 베이스오일과 화학제품을 지역 간에 운송하였다.

2.2.4 켈시2호는 (사)한국선급으로부터 대한민국 부산시 감천항 소재의 조선소에서 2022년 6월 25일 정기검사를 완료하였고, 2027년 6월 13일까지 유효한 선박검사증서를 보유하고 있었다.

2.3 승선원 구성

2.3.1 사고 당시 켈시2호에는 총 21명의 선원이 승선하고 있었으며, 한국인 선장과 기관장을 제외한 나머지 19명의 선원은 모두 미얀마 국적이다.

2.3.2 선장은 1급 항해사 면허를 소지하고 있으며, 오일케미컬 운반선에 선장으로 7~8척의 선박에 승선하였다. 선장으로서 승선경력은 합산하여 약 3년이고, 사고 발생 약 두 달 전인 2022년 8월 14일에 켈시2호에 선장으로 승선하였다.

2.3.3 한국인 선장과 기관장 그리고 미얀마 선원들은 선내 언어인 영어로 의사소통을 하였고, 업무지시와 이행에 큰 어려움은 없었다.

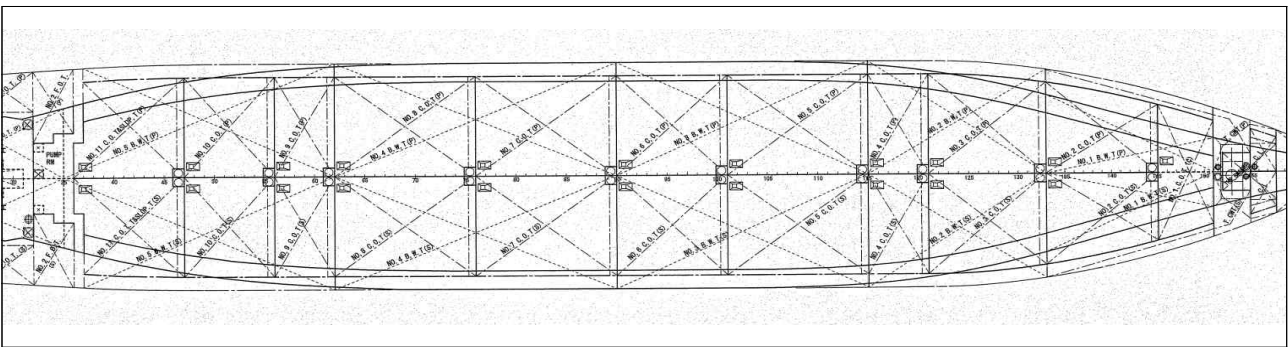
2.3.4 항해당직은 삼등항해사A가 08시~12시 및 20시~24시, 이등항해사가 12시~16시 및 00시~04시, 삼등항해사B가 16시~20시 및 04시~08시로 시간대별로 당직을 나눠서 3교대로 근무를 하였다. 일등항해사는 화물관리를 전담하며, 항해당직은 수행하지 않았다. 일등항해사는 켈시2호가 일등항해사로서 승선한 세 번째 선박이었다.

2) 오일 메이저 검사(SIRE: Ship Inspection Report Programme)로 국제정유사해운포럼(OCIMF: Oil Companies International Marine Forum)에서 도입하여 실시하는 유조선의 안전성 평가검사이다.

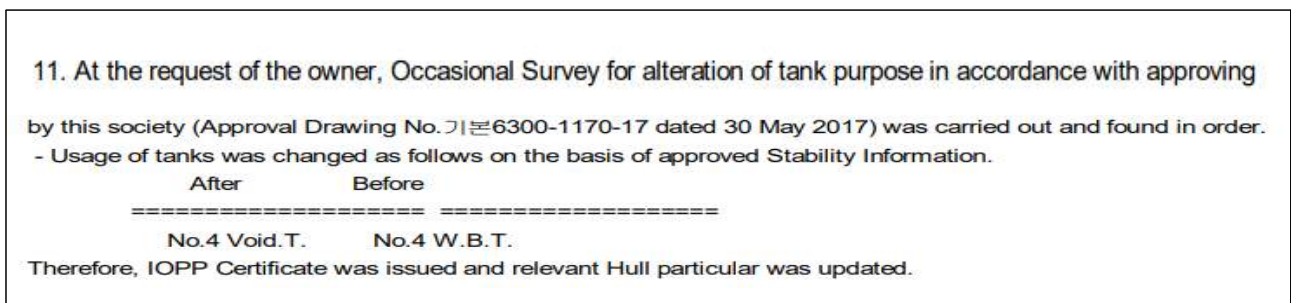
3) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

2.4 선박구조

2.4.1 켈시2호는 1번 중앙화물탱크 그리고 2번 화물탱크부터 11번 화물탱크까지는 좌우로 나뉜 화물탱크가 있어 총 21개의 화물탱크가 배치되어 있다. 화물탱크 아래쪽에는 평형수탱크가 선수로부터 1번부터 5번까지 좌우로 각각 5개씩 총 10개의 평형수탱크가 배치되어 있다. 한편 4번 좌우 평형수탱크는 선주의 요청에 따라서 2017년 5월 30일에 공창(Void space)으로 용도가 변경되었고, 개조 후 한급선급의 승인을 받았다.⁴⁾



〈그림 1〉 켈시2호 화물탱크 및 평형수탱크 배치도

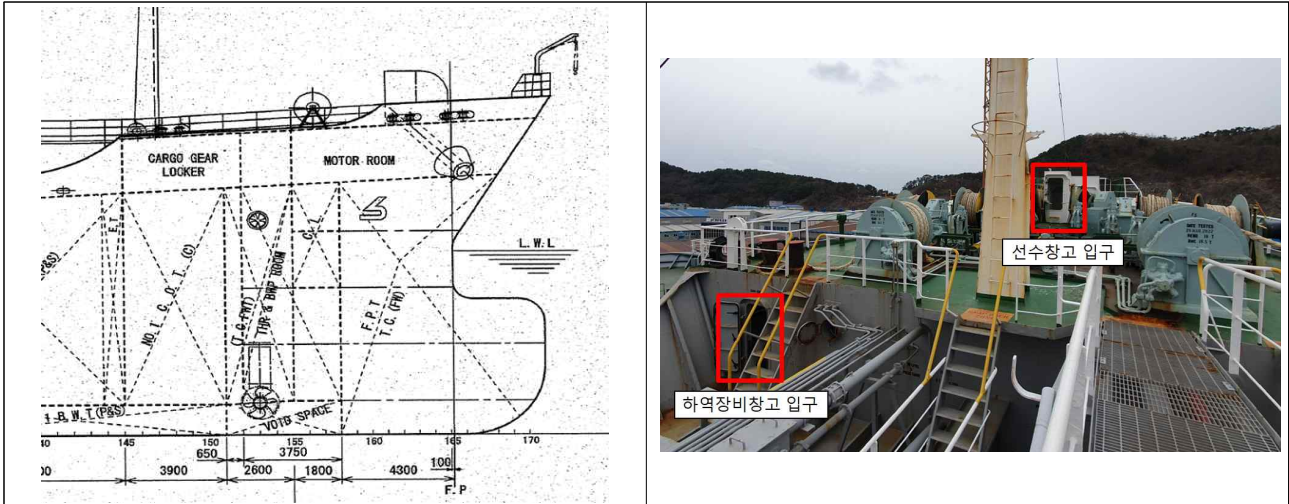


〈그림 2〉 켈시2호 4번 평형수탱크 용도변경 승인 관련 선급보고서 기재사항

2.4.2 켈시2호의 선수부에는 청수탱크로 사용하는 선수탱크(FPT: Fore Peak Tank)와 양묘기 모터(Windlass Motor)가 있는 선수창고(Motor Room)가 있다. 선수루(Forecastle) 상부에는 선수창고로 통하는 출입문이 있다. 선수창고 아래쪽에는 묘쇄실(Chain Locker)과 선수횡추진기실(Bow Thruster Room)이 있다. 선수창고와 선수횡추진기실 간에는 격벽이 있으며 철제 출입문으로 연결되어 있다. 선수횡추진기실에는 수직계단이 설치되어 있어 하단부까지 내려갈 수 있다. 하단부에는 선수횡추진기 모터와 선수탱크용 펌프가 있다.

4) 켈시2호 한국선급검사보고서 5쪽(Work ID No.GCHS027017)

2.4.3 켈시2호 선수루 뒤쪽에는 하역장비창고(Cargo Gear Locker)가 있다. 이 구역은 선수 창고와 격벽으로 분리된 공간이다. 이 창고는 좌현과 우현에 각각 출입문이 있으나, 내부 공간은 통해져 있는 한 구역이다.



<그림 3> 켈시2호 선수부(좌), 선수루 방향 모습(우, 동형선박5)



<사진 2> 선수창고 입구(좌, 동형선박), 선수창고 통로계단 및 내부모습(우, 동형선박)



<사진 3> 선수창고 내부(좌, 동형선박), 선수탱크(FPT, 청수) 펌프(우, 동형선박)

5) 2023년 3월 17일 켈시2호와 같은 조선소에서 건조된 동형선박(우진케미호)에서 촬영한 사진

section

3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 홍콩 입항 · 선적 및 출항

3.1.1 켈시2호는 2022년 10월 11일 16시 55분경 홍콩에 입항하였다. 해상의 날씨는 홍콩에 입항하기 하루 전인 10월 10일부터 백파가 보이는 북동풍의 풍력계급 4정도의 바람이 불었다.⁶⁾

3.1.2 켈시2호는 홍콩에서 베이스 오일⁷⁾을 선적하고, 2022년 10월 12일 10시 05분에 대한민국 군산을 향하여 출항하였다. 출항 후 용선주인 (주)제이브로쉬핑에 보낸 선장의 전문에 따르면 군산항 도착 예정시간은 2022년 10월 16일 08시였다. 출항 시 연료량은 중유 129.50톤, 경유 29.45톤이며, 청수량은 190톤이었고, 출항 흘수는 선수미 7.94미터로 동일하였다.

A.	VOY. NO	: V. K2 22013
	DEP PORT	: HONGKONG
	DEP TIME / DATE	: 1005LT / 12 th Oct.. 2022
B.	DEP ROB N DRAFT	
	BUNKER	: L.S FO 129.50MT / L.S MGO 29.45MT
	FW	: 190Ton
	DRAFT	: F 7.94M / A 7.94M (IN S/W)

<그림 4> 켈시2호 선장이 용선주에 보낸 출항상태 전문보고 발췌

3.1.3 출항 당시 기상정보에는 저기압이 필리핀 부근에서 대만 쪽으로 접근하고 있었고, 중국 내륙 쪽에는 고기압이 발달해 있었다. 선장은 대만의 동쪽과 서쪽 모두 다 기상이 좋지 않을 것으로 생각하고, 혹시 있을 수 있는 피항에 대비하여 대만해협 쪽으로 항로를 설정하였으며, 중국 연안에 최대한 붙어서 항해하기로 결정하였다.⁸⁾

3.1.4 선장은 악천후 항해에 대비하여 선사안전관리지침서 7.3.2 규정의 황천항해점검표

6) 켈시2호 로그북(Log Book) 기재사항(2022년 10월 11일) 및 선장의 진술. 2022년 12월 6일.

7) 기유(基油, Base oil)

8) 선사(이스턴탱커) 측 2022년 10월 17일 사고조사보고서에 기재된 사항

(ESTF-PR08-23)에 따라 출항 전 갑판 상 모든 출입문들과 개구들을 점검하였다.

3.1.5 켈시2호가 출항하고 난 후 하루 동안의 해상 날씨는 비교적 양호한 편이었고, 선속도 8노트 내지 10노트 정도를 기록하였다. 그러나, 예보된 것처럼 10월 13일 오후부터 날씨가 나빠지기 시작하였다.⁹⁾ 켈시2호의 항해일지(Deck Log Book)의 기록에 따르면 10월 13일 오후부터 북동풍의 풍력계급 6이상의 바람이 불었고, 4미터 내지 6미터의 파고가 일었다. 선박의 속력은 5노트 내지 6노트 정도로 저하되었다.

3.2 선수창고 침수 및 1차 선회

3.2.1 2022년 10월 12일 21시경 당직 중이던 삼등항해사A는 선교에서 선수횡추진기실의 알람이 울리는 것을 들었다. 삼등항해사A는 경보버튼을 눌렀다. 그러자, 경보가 바로 꺼졌다. 그는 경보가 오작동한 것이라고 생각했다.¹⁰⁾

3.2.2 출항 다음 날인 2022년 10월 13일 08시 30분경 선교의 선수횡추진기실 빌지알람¹¹⁾이 울렸다. 당시 선교에는 삼등항해사A가 당직 중이었고, 선장도 아침식사를 마치고 선교에 올라와 있었다. 선장은 가끔씩 패킹 부위 등에 누수가 발생하여 알람이 울리는 경우가 있어 이번에도 그런 것으로 생각하였다.

3.2.3 선장은 기관실에 연락하여 지에스펌프를 작동시켰고 선수횡추진기실 하부에 있는 이덕터 (Eductor)로 빌지 배출작업을 하였다. 그러자 곧 알람이 꺼졌다.

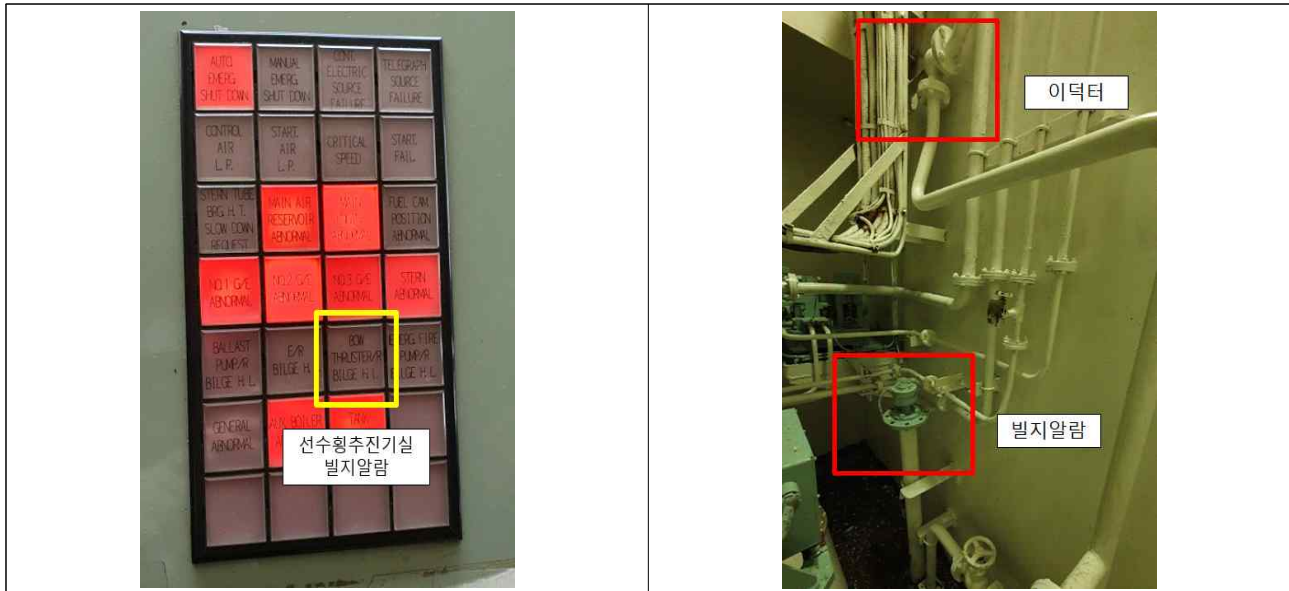
3.2.4 선장은 항해상태를 확인하였다. 켈시2호가 항해하던 10월 13일 오후부터는 날씨의 영향으로 속력이 잘 나오지 않았다. 선장은 연료소비량과 엔진부하 등을 감안하여 기관실에 연락하여 엔진회전수를 반속전진(Half Ahead) 정도로 낮추었다.¹²⁾

9) 기관장의 진술. 2022년 11월 9일.

10) 중국해사국 사고조사보고서 12쪽. 2023년 12월 18일

11) 켈시2호 선장은 이 알람이 선수창고(모터룸)의 좌우측에 있는 빌지 알람으로 기억한 반면, 기관장은 선수횡추진기실 알람이라고 하였다. 켈시2호 동형선박의 선교 알람패널에는 선수창고 알람은 없고, 선수횡추진기실 빌지알람이 있다. 기관장의 진술과 동형선박의 알람패널 구조 등은 감안할 때 이 알람은 선수횡추진기실 알람으로 판단된다.

12) 기관 조정은 기관장이 한다. 기관장은 반속전진 이상은 되어야 타효가 유지된다고 진술하였다.(2022년 11월 9일)



〈사진 4〉 선교 선수형추진기실 비지알람(좌, 동형선박), 선수형추진기실 하부 알람센서와 이덕터(우, 동형선박)

3.2.5 2022년 10월 13일 14시경 선수형추진기실의 하이-워터 레벨 경보(high-water level alarm)가 기관실에서 먼저 울렸고 이후, 110볼트와 440볼트의 절연경보(Low Insulation Alarm)가 울렸다.¹³⁾ 기관실에서 당직 중이던 이등기관사는 기관장, 일등기관사와 선교의 이등항해사에게 알렸다. 일등기관사는 선수창고(모터룸)에서 440볼트 알람이 발생한 것을 확인하였다. 이등항해사는 선장을 호출하였다.¹⁴⁾

3.2.6 같은 날 14시 15분경 선교에 올라온 선장은 선수창고의 이상유무를 확인하고자 했다. 선장은 선수로 들이치는 강한 바람과 파도의 영향을 줄이고자 좌현으로 배를 돌려서 침로를 약 46도에서 약 220도로 선회하였다. 그리고 기관장, 이등항해사, 갑판장에서 선수창고 점검을 지시하였다. 점검 결과 선수창고가 바닥으로부터 약 1미터 가량의 높이까지 침수된 사실을 확인하였다.

3.2.7 켈시2호는 기관실의 지에스펌프로 이덕터를 작동하고, 휴대용 에어펌프¹⁵⁾ 2대로 선수창고의 배수작업을 하였다. 그러나 작업 중 선수쪽에 선체 동요가 있어 휴대용 에어펌프 작업이 곤란하였고 작업 중 선원 1명도 부상을 입었다. 선원들은 휴대용 펌프를 끄고 출입문을 닫은 후 돌아왔다.¹⁶⁾ 기관실에서도 지에스펌프 작동을 중단했다.¹⁷⁾

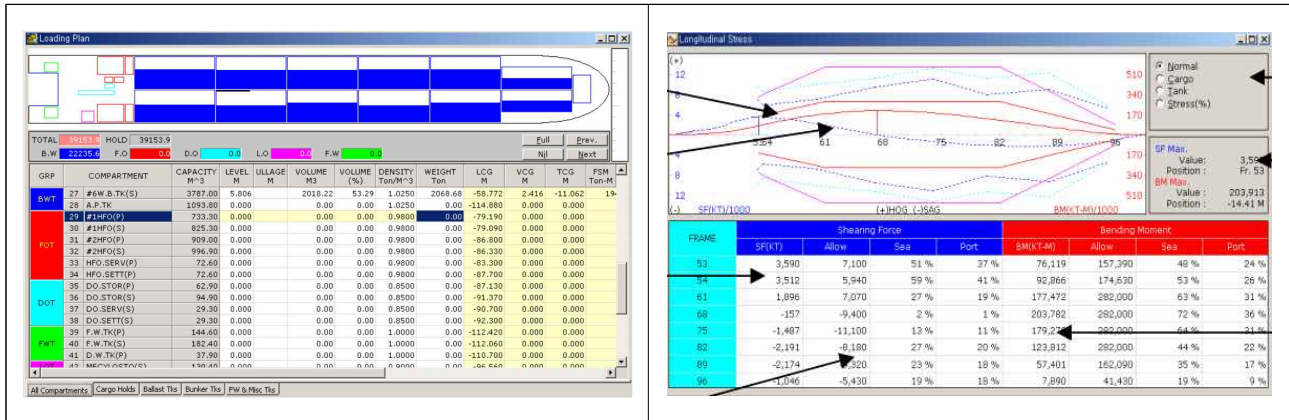
13) 선사(이스턴탱커)의 사고조사보고서에는 110볼트 절연경보가 울렸다고 되어있다.

14) 중국해사국 사고조사보고서. 2023년 12월 18일. 12쪽

15) 이덕터는 선수창고 하부에 위치한 선수형추진기실에 하부에 설치되어있다. 압축공기로 작동하는 휴대용 펌프(Air Operated Diaphragm Pump)이며 배에서는 제조사명을 따서 통상 윌든펌프(Wilden Pump)라고 불린다.

16) 중국해사국 사고조사보고서. 2023년 12월 18일. 13쪽

3.2.8 켈시2호 선장은 선교 컴퓨터에 설치된 선적용 컴퓨터(통상 ‘로드컴’)의 화물적재 프로그램¹⁸⁾을 사용하여 선수창고의 침수량을 대략 200톤 정도로 하여 선수탱크에 추가적 재한 후 선박의 안전성과 감항성을 확인하였다. 선장은 확인결과 선수창고가 침수된 상태로도 항해를 계속할 수 있다고 판단하였다.



<그림 5> 켈시2호 화물적재프로그램 작동 예시화면(좌), 선체안전상태 확인 예시화면(우)

3.3 항해 재개 및 2차 선회

3.3.1 같은 날 15시경 선장은 켈시2호의 침로를 다시 돌리기 시작했으며 16시경부터는 원래 침로인 약 46도로 항해를 재개하였다. 선장은 회사에 연락하여 선수창고 침수상황을 전달하면서, 항해를 계속할 것이고 대만해협을 빠져나간 후 상황을 보면서 어떻게 할 지 결정하겠다고 보고하였다.¹⁹⁾ 이때 대만해협의 해상 날씨는 풍력계급 6의 북동풍 바람이 불었다.²⁰⁾

3.3.2 항해를 재개한 다음 날인 2022년 10월 14일 아침 8시경 선장은 조타실에 올라왔다. 그리고 08시 45분경 선장은 선수창고 상태를 재확인하기 위해서 침로를 다시 220도로 돌렸다. 켈시2호는 전날 항해를 재개한 후 이때까지 약 18시간 30분 동안을 약 040도 코스로 북상하였으며, 대략적인 항해 거리는 약 94해리로 평균 약 5.5노트의 속력을 기록하였다.²¹⁾

17) 기관장의 전화 진술. 2024년 3월 13일,

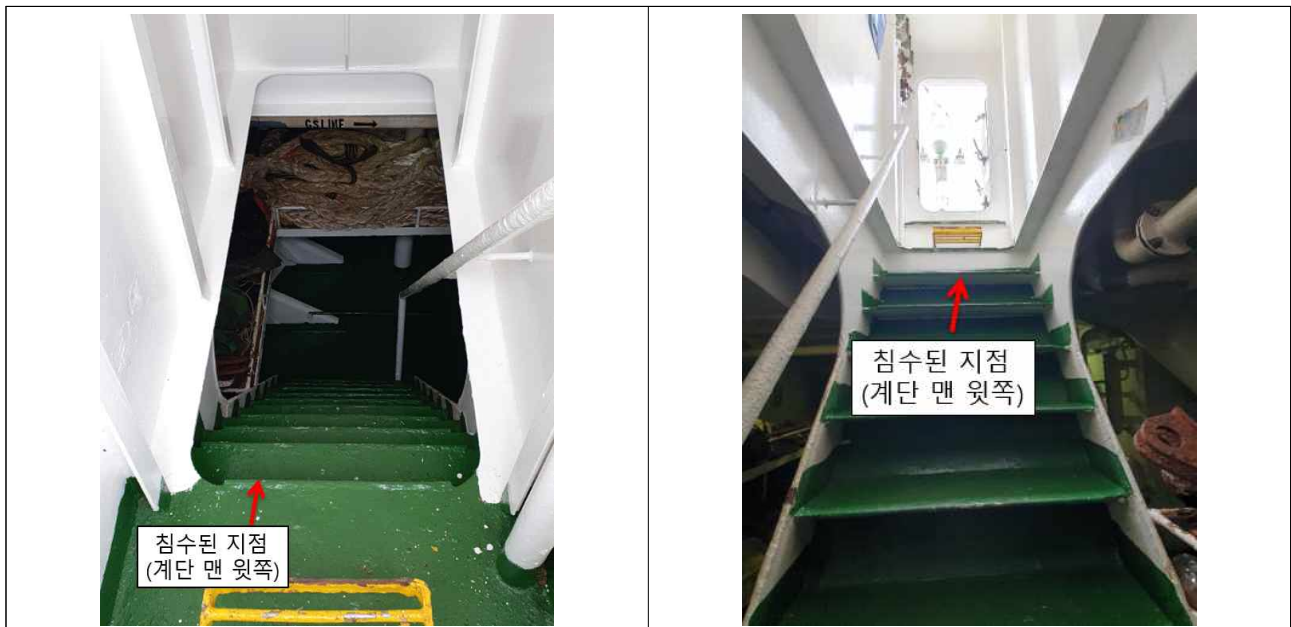
18) Total Soft Bank Ltd.에서 제작한 TSB Supercargo 프로그램으로 화물제어실(Cargo Control Room)과 선교 컴퓨터에 각각 설치되어 있다.

19) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

20) 켈시2호 로그북의 2022년 10월 13일 16시 기재사항.

21) 중국해사국에서 제공한 켈시2호의 항적을 토대로 10월 13일 16시 북위 23도 03.0도, 동경 117도 36.9분 위치와 10월 14

3.3.3 선장은 기관장, 일등기관사, 갑판장 등과 함께 선수로 직접 가서 선수창고를 확인하였다. 선수창고 출입구를 열자 선수창고 내부의 입구계단 위쪽까지 해수가 가득차 있는 것을 확인하였다. 선장은 다시 기관실의 지에스펌프로 이덕터를 가동하고, 휴대용 에어펌프 2대를 돌려서 해수배출을 시도하였다. 그러나, 약 두 시간에 걸친 배수작업에도 눈으로 가늠했을 때 약 1내지 2센티미터 정도의 수위가 내려갔을 뿐 침수된 수위는 거의 변화가 없었다. 선장은 선사에 연락하기 위해 거주구역으로 돌아왔다. 이때 선장이 거주구역쪽을 바라보니 선미가 들려있는 모습이 보였다.²²⁾



〈사진 5〉 선수창고 입구 계단부(좌, 동형선박), 선수창고에서 계단을 바라본 모습(우, 동형선박)

3.3.4 같은 날 11시 00분경 선장은 이스턴탱커에 연락하여 침수 상황을 전달하고 의견을 물었다. 그러나, 회사에서는 방법이 없으니 자체적으로 해결하라고 답변하였다. 선장은 그간의 항해 경험상 대만해협은 날씨가 3일에서 5일 정도 안 좋다가 호전되는 경향이 있고, 기상도에도 대만 위쪽은 해상기상이 더 나은 상태였기에 대만해협 위로 올라갈수록 기상이 호전될 것으로 판단하였다.²³⁾

3.3.5 선수창고가 침수되어 창고 안에 있는 양묘기(Windlass) 모터를 사용할 수 없는 것도 선장의 판단에 영향을 주었다.²⁴⁾ 비상투묘를 한다 해도 다시 닻(Anchor)을 올릴 수

일 09시 북위 24도 08.5분, 동경 118도 50.4분 위치를 항정선(Rhumb line)으로 계산하였다.

22) 선장의 진술. 2022년 12월 6일.

23) 선장의 진술. 2022년 12월 6일, 2024년 3월 6일.

24) 당시 수심은 70미터 정도였다.(선사 사고조사보고서)

없기 때문이다. 선장은 최소한 제주까지 가서 비상투묘를 하고 육상의 지원으로 배수를 하고 수리조치를 할 수 있을 것을 기대했다.²⁵⁾ 선장은 다시 배를 돌려서 목적지인 군산 방향으로 올라가기로 결정하였다.

3.3.6 같은 날 12시 06분경 선장은 다시 배를 돌려서 항해를 재개하였다. 이때 침로는 050도, 선속은 7노트 정도가 되었고 바람은 북쪽 방향에서 약 30노트로 거세게 불었다.²⁶⁾ 항해 당직은 이등항해사가 수행하였다.



<그림 6> 켈시2호의 첫 번째 및 두 번째 선회위치((마린트래픽 (Marine Traffic) 항적))

3.3.7 켈시2호 선장은 갑판상 구조물 등의 손상상태를 사진으로 찍어서 회사에 보고했다.²⁷⁾ 선수루 갑판상에 있는 묘쇄 호저파이프 덮개 (Hawse Pipe Cover)가 파손되어 개방되었고, 갑판 이동통로(캣워크, Catwalk)의 철재덮개와 나무발판이 유실되었다. 좌현 매니폴드²⁸⁾ (Manifold) 앞쪽 핸드레일도 휘어지는 등 곳곳의 구조물들이 손상되었다.

25) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

26) 선사 사고조사보고서. 2022년 10월 17일.

27) 메일을 보낸 시간은 10월 14일 05시 52분(GMT)로 선내 시간은 10월 14일 13시 52분으로 항해를 재개한 이후이다.

28) 육상과 선박간을 연결하는 묶음배관



<사진 6> 침수된 선수창고에 설치한 에어펌프(좌), 파손된 묘쇄 호저 파이프 덮개(우) - 선사제공



<사진 7> 켈시2호 선박손상 부분(좌-갑판핸드레일, 우-유실된 통로발판) - 선사제공

3.4 좌현경사 증가 및 피항결정

3.4.1 2022년 10월 14일 16시경 삼등항해사B는 이등항해사와 당직교대를 하였다. 이때 켈시2호는 좌현으로 약 2도에서 3도 정도 기울어져 있었고, 선속은 약 5.7노트, 침로는 약 033도로 항해하고 있었다. 같은 날 20시경 삼등항해사B는 삼등항해사A에게 당직을 인계하였다. 이때 켈시2호의 기울기는 좌현으로 약 5도 정도가 되었다. 이후 켈시2호는 계속적으로 기울어지면서 다시 직립하지(Upright) 못하고 좌현으로 5도에서 7도 가량 기울어진 상태가 되었다.²⁹⁾ 삼등항해사A는 선장을 호출하였다.

3.4.2 같은 날 21시경 선장은 호출을 받고 조타실에 올라갔다. 켈시2호는 좌현으로 약 8도에

29) 중국해사국 사고조사보고서. 2023년 12월 18일. 15쪽.

서 10도가량 기울어진 상태가 되었다. 선장은 기울어진 배를 바로 잡고자 갑판장 등에게 지시하여 3번 우현 평형수탱크에 해수를 주입했다. 그러나, 평형수를 주입해도 켈시2호는 좌현으로 더 기울었다. 선장은 평형수 주입을 중단했다.

3.4.3 이때 켈시2호의 속력은 4노트 내지 5노트 정도 밖에 나지 않았다. 연료는 약 80톤 정도가 있었으나 제주까지 가기에 연료량이 충분하지 않았다. 엔진의 연료 소비량은 하루에 11톤이고 화물 가열(Cargo heating)에도 하루 5톤 정도가 필요하다.³⁰⁾ 제주 서귀포항까지는 약 600마일 정도가 남은 상황에서 5노트 정도의 선속으로 항해 시 현재 연료량으로는 도달하기 힘들다는 결론이 나왔다.³¹⁾ 선장은 켈시2호가 좌현으로 계속 기울고 속력도 나지 않자 피항을 해야겠다고 판단하였다.

3.4.4 같은 날 22시 00분경 선장은 피항을 결정하고 회사에 통보하였다.³²⁾ 약 20마일 정도 떨어진 곳에 천주항(Quanzhou, 泉州)이 있었다. 선장은 피항을 위해 배를 좌현(Port)으로 돌려서 220도로 변침하고자 선회를 시도했다. 그러나 330도 부근에서 더 이상 회두가 되지 않았다. 다시 우현(Starboard)으로 선회를 시도했으나 역시 110도 부근에서 더 이상 움직이지 않았다. 선장은 재차 우현으로 배를 돌렸고, 켈시2호는 힘겹게 선회를 하였다. 선회가 잘되지 않아서 선회에만 약 3시간 가까이 소요되었다.



<그림 7> 켈시2호의 피항 회두(마린트래픽, Marine Traffic, 항적)

30) 기관장의 진술(2022년 11월 9일). 하루 16톤 정도가 소모되므로 대략 5일 정도 사용가능한 량이다.

31) 선속 10노트로 2.5일이 소요되고, 5노트로 5일이 소요되므로 연료량에 여유가 없었다.

32) 켈시2호의 기관장이 육상안전관리자(Designated Person Ashore)와 통화를 하였으며 배를 돌리겠다고 전하였다.

3.4.5 다음 날인 2022년 10월 15일 01시경이 되어서야 켈시2호의 침로는 220도 정도가 되었다.³³⁾ 이때 해상에는 북동풍의 바람의 약 30노트로 불었고, 파고가 약 3.5미터 정도로 일었다.

3.5 퇴선결정 후 구조요청, 구조작업 및 침몰

3.5.1 2022년 10월 15일 01시 30분경 켈시2호 선장은 인근 항구로 피항 요청을 위해서 초단파무전기(VHF: Very High Frequency) 비상채널 16번(Ch.16)으로 푸지안 VTS (Fujian Vessel Traffic Service)를 호출하였으나 응답이 없었다. 이에 VHF 채널 16번과 12번으로 중국 천주 VTS (Quanzhou VTS)에 호출을 시도했지만 교신이 되지 않았다.³⁴⁾

3.5.2 같은 날 01시 45분경 켈시2호는 중국 푸저우 VTS (Fuzhou VTS)에 호출을 시도했고 교신이 되었다. 선장은 켈시2호 상황을 설명하였으나, 의사전달이 원활하지 않았고 응답이 없었다.³⁵⁾ 이때 켈시2호는 좌현으로 약 20도 이상 경사진 상태가 되었다.

3.5.3 같은 날 02시 40분경 켈시2호 선장은 더 이상 항해가 불가능하다고 판단하고 퇴선을 결정하였다. 동시에 위성조난신호(Inmarsat C)를 발신하였다. 선장은 퇴선을 위해 전선원을 선교의 우현갑판에 대기시켜 인원점검을 하고 중요서류를 확인했다. 퇴선 전 기관실 선원들은 기관을 정지시켰고, 일등기관사는 연료긴급차단 밸브를 작동시켰다.³⁶⁾ 이때 켈시2호는 기울기가 약 30도 이상 되어 걷기도 힘든 정도가 되었다.³⁷⁾

3.5.4 같은 날 03시 12분경 선사는 홍콩 구조조정본부(MRCC: Maritime Rescue Coordination Centre)로부터 켈시2호의 조난신호를 접수하였다. 같은 날 03시 28분경 선사의 육상관리자(DPA)는 켈시2호 선장과 전화통화 후 본선의 상태를 홍콩 MRCC에 전달하였다. 선장은 대만의 진먼(금문도, 金門島) VTS (Kinmen Island VTS)와基隆(基隆) VTS (Keelung VTS)와 교신을 하면서 구조헬기를 요청하였다.³⁸⁾

33) 마린트래픽(Marine Traffic) 항적 영상정보와 중국 해사국 항적정보.

34) 중국해사국. 이등항해사의 진술내용. 2022년 10월 19일.

35) 선장 자필 진술서 내용

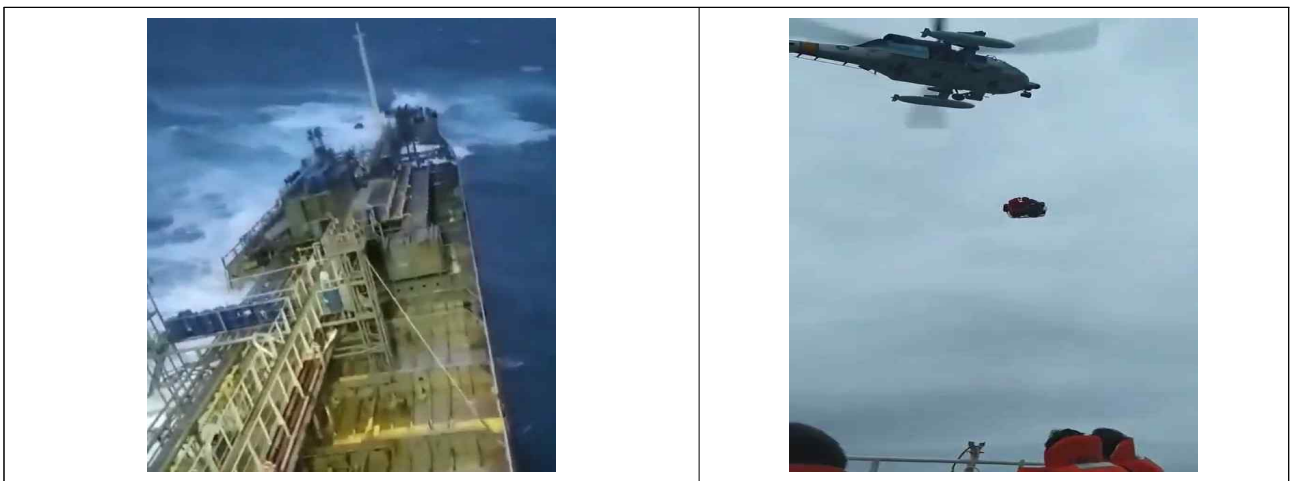
36) 중국해사국 사고조사보고서 16쪽. 2023년 12월 18일

37) 선장 자필 진술서 내용

38) 선장 자필 진술서에는 금문도 VTS와 교신하였다고 한 반면, 중국해사국 보고서에는基隆 VTS와 교신했다고 되어있다.

3.5.5 같은 날 05시 20분경 구조헬기가 켈시2호가 있는 해상에 도착했으나 기상악화로 곧바로 구조가 이뤄지지 못했다. 선장은 구조인원을 1조(6명), 2조(8명), 3조(7명)로 각각 나누고, 구조순서를 결정하였다.³⁹⁾

3.5.6 같은 날 06시 30분경 대만의 구조헬기로 1조 여섯 명의 선원이 구조되어 대만의 타이중 (Taizhong, 臺中)으로 이송되었다. 07시경에는 중국 동해 (Donghai, 東海) 구조대 헬기로 2조 8명의 선원이, 7시 20분에 마지막 3조 7명의 선원이 구조되어 07시 30분경 해경함(Dong Hai 113)으로 옮겨진 후 중국 샤먼 (Xiamen, 廈門)으로 출발했다.



〈사진 8〉 켈시2호 선수부 침수 및 좌현경사 장면(좌), 켈시2호 구조 모습(우)⁴⁰⁾

3.5.7 같은 날 11시경 선원들이 모두 탈출한 켈시2호는 전복되어 남서쪽으로 표류했다. 이후 16시 30분경 북위 24도 40.8분, 동경 119도 06.8분 해상에서 침몰하였다.



〈사진 9〉 켈시2호 침몰장면(중국해사국, China MSA 제공)

39) 1조(일등항해사, 기관장, 갑판수B, 실습항해사, 실습기관사, 조리원), 2조(삼등항해사B, 이등기관사, 삼등기관사, 갑판장, 갑판원, 조기수A, 조기수B, 조리장), 3조(선장, 이등항해사, 삼등항해사A, 일등기관사, 갑판수A, 갑판수C, 조기수C)

40) 유튜브 영상 갈무리 (<http://youtu.be/DEZ4lo53Xi8>)

3.6 피해상황

3.6.1 이 사고로 켈시2호가 침몰하였다. 침몰 위치는 중국 천주시 해안으로부터 약 20 해리 정도 떨어진 해역이다.



<그림 8> 켈시2호의 침몰 전 항적 및 침몰지점(마린트래픽, Marine Traffic, 항적)

3.6.2 켈시2호의 선원들은 모두 구조되었다. 그러나, 일등항해사는 구조 후 이송되는 과정에서 사망하였다.⁴¹⁾

41) 공식적인 사망원인은 급성 폐포성 폐렴으로 인한 호흡 부전이다.(중국해사국 사고조사보고서, 2023년 12월 18일, 17쪽). 켈시2호 기관장에 따르면 구조 전에는 같이 애기도 나누었으나 헬기로 올라와서는 숨을 안 쉬었다고 하면서 인양 바스켓으로 약 20미터 정도 올라가는 과정에서 심장쇼크가 오지 않았나 하고 진술하였다.(2022년 11월 9일).

section

4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 사고 당시 적재상태

4.1.1 앞서 3.1.2에서 켈시2호 선장이 용선주에 보낸 전문에 따르면 출항 당시 화물 및 연료 유 등 적재 상태는 아래와 같다.

- 연료유(Bunker): 중유(Fuel Oil) 129.50 MT⁴²⁾, 경유(Marine Gas Oil) 29.45 MT
- 청수(Fresh Water): 190톤
- 흘수(Draft): 선수 7.94 미터, 선미 7.94 미터
- 선적화물: 베이스오일(QHVI4 - 2,999.842 MT, XHVI4 - 499.534 MT)

* 페놀(Phenol - 3,806.929 MT)⁴³⁾

선적된 화물의 적재량은 총 7,306.305톤이었다. 평형수 적재량은 기재되어 있지 않고, 청수량은 청수탱크의 구별없이 총량만 190톤으로 기재되어 있다. 사고 조사과정에서 켈시2호 선장은 선미 쪽 좌우 청수탱크에 각각 28톤과 48톤의 청수를 적재해서 좌우 기울기를 맞추었고 앞쪽 선수탱크(FPT)에도 나머지 약 120톤 정도를 적재한 것으로 기억한다고 진술하였다.⁴⁴⁾

4.1.2 아울러, 홍콩 출항 당시 작성된 화물적재도(Stowage Plan) 상에도 위와 같은 화물량과 연료유량이 기재되어 있다. 다만, 화물적재도 상에 불명중량⁴⁵⁾(Constant)과 평형수 적재량은 미상(Unknown)으로 되어있다.

4.1.3 켈시2호 선장에 따르면 평형수의 경우 홍콩항에서 선적 당시 5번 평형수탱크 좌현과 우현에 각각 150톤씩 적재하였다고 하였다.⁴⁶⁾ 불명중량의 경우 이전 항차들의 화물

42) 중량톤수인 Metric Ton으로 1 미터톤이다.

43) 페놀(Phenol)은 태국의 맵따퓏(Map Ta Phut)에서 선적하였다.

44) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

45) 탱크 내의 잔수, 선저부착물 등 측정할 수 없는 무게로 중량톤 1만톤급 중고선의 경우 불명중량은 약 100에서 150톤 정도이다.(양시권 외. 선박적화. 2014년 10월 제8판. 117쪽)

적재도를 확인한 결과 통상 150톤 정도를 기입하여 계산한 것을 확인하였다. 이러한 정황을 볼 때 켈시2호는 홍콩을 출항할 당시 상기 4.1.1의 적재상태에서 불명중량 150톤과 평형수량 300톤을 더 적재하여 화물적재도가 작성된 것으로 판단된다. 한편, 화물의 적·양하는 일등항해사의 고유업무이지만 켈시2호의 일등항해사는 케미컬 탱커 경험이 다소 부족하여 켈시2호 선장도 같이 화물 적재계획을 작성했으며 두 계획 중 선박의 컨디션이 좀 더 나은 것으로 선적하였다.⁴⁷⁾

STOWAGE PLAN

Vessel : M/T KELSEY 2

(BEFORE LOADING)

Port : Hongkong

Voyage No : K222013

☐ TENTATIVE

☒ COMPLETED

Date : 12th Oct. 2022

(Cargo tank coating : SUS 316)

(Capacity of tanks 100% : 9523.573 m³)

(Capacity of tanks 98% : 9333.102 m³)

257.225 1C PHENOL 198.464m ³ 208.566MT 77.16% MAPTAPHUT KUNSAN	368.470 2S XHVI 4 315.199m ³ 253.833MT 85.54%	497.156 3S QHVI 4 460.176m ³ 370.585MT 92.56%	271.327 4S PHENOL 247.706m ³ 259.522MT 91.29%	644.099 5S PHENOL 589.089m ³ 616.010MT 91.46%	505.768 6S QHVI 4 485.010m ³ 390.267MT 95.90%	644.762 7S PHENOL 569.751m ³ 595.162MT 93.02%	645.482 8S QHVI 4 600.418m ³ 483.523MT 93.02%	272.534 9S QHVI 4 261.279m ³ 210.155MT 95.87%	399.493 10S PHENOL 370.463m ³ 387.541MT 92.73%	409.499 11S PHENOL 370.463m ³ 387.541MT 92.73%	USFO : 129.5 DO : 29.45 LO & Misc : 12 PW : 190 Constant : unknown Ballast : unknown Cargo : 7306.305 LWT : 3224.900 DISPL. : Sea Water (1.025) Draft ARR DEP F 5.80 7.94 A 6.60 7.94 T 8.80 9.00 M 6.20 7.94 Max Sea Water : 7.944 Max Tropical : 8.016	
	HONGKONG BUSAN	HONGKONG ULSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	HONGKONG ULSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	HONGKONG ULSAN	HONGKONG ULSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	MAPTAPHUT KUNSAN		
	362.116 2P XHVI 4 305.101m ³ 245.701MT 84.26%	497.156 3P QHVI 4 470.136m ³ 378.605MT 94.57%	264.973 4P PHENOL 242.521m ³ 253.992MT 91.53%	637.745 5P PHENOL 584.150m ³ 611.079MT 91.60%	499.414 6P QHVI 4 467.746m ³ 488.607MT 93.66%	638.408 7P QHVI 4 596.128m ³ 479.484MT 93.36%	639.128 8P QHVI 4 596.045m ³ 480.342MT 96.59%	266.180 9P QHVI 4 257.105m ³ 206.881MT 92.51%	399.493 10P PHENOL 369.561m ³ 366.450MT 92.51%	403.145 11P PHENOL 369.561m ³ 366.450MT 92.51%		
	HONGKONG BUSAN	HONGKONG ULSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	HONGKONG ULSAN	HONGKONG ULSAN	HONGKONG ULSAN	MAPTAPHUT KUNSAN	MAPTAPHUT KUNSAN		
	(BALANCE : Port : 3531.141 M/T (Max. SF :) (Max. BM :) (GoM :) Diff : M/T)											
	Pcl. No	Product	Stowage	Loading Port	Discharging Port	B/L Q'TY	Ship's Q'TY	Density @ 15 deg	Temp	Cat	Remark	
	1	PHENOL	1C, 4W, 5W, 6P, 7S, 10W	MAPTAPHUT	KUNSAN	3806.317	3806.929	1.0424 @ 60 deg	55.0 C	Y		
	2	XHVI 4	2P, 2S	HONGKONG	BUSAN	499.822	499.534	0.8171	32.0 C			
	3	QHVI 4	3W, 6S, 7P, 8W, 9W	HONGKONG	ULSAN	2999.132	2999.842	0.8171	32.0 C			
	TOTAL :					7305.271	7306.305					

Chief Officer : TIN MAUNG OO @ TK DA

Master : CHIN HANHO

<그림 9> 홍콩 출항 당시 켈시2호 화물적재도

4.1.4 켈시2호 침몰사고의 특별조사부는 보다 명확하고 객관적인 사고원인을 알기 위해 침몰 시뮬레이션 용역을 실시하였다.⁴⁸⁾ 해당 용역에서는 켈시2호의 정확한 선체상태를 확인하고자 켈시2호를 3차원 모델링⁴⁹⁾으로 구현한 후 상기 화물적재도 상의 화물량을 적재하여 계산하였다. 그 결과 약 10,880 MT의 배수량을 얻었으나, 출항 당시 흘수인 7.94미터 기준으로 산출된 배수량인 11,616 MT⁵⁰⁾과 약 736 MT의 차이가 있음을 확인하였다. 이에 따라 불명중량값 등을 무게중심점에 반영하여⁵¹⁾ 출항 당시 켈시

46) 선장의 진술 내용(2022년 10월 18일, 중국해사국 면담, 2022년 12월 6일 중앙해양안전심판원 면담 등)

47) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

48) 중소조선연구원. 2023년 12월. 케미컬운반선 켈시2호 침몰시뮬레이션 용역.

49) Rhino3D와 Maxsurf Modeler 프로그램으로 구현

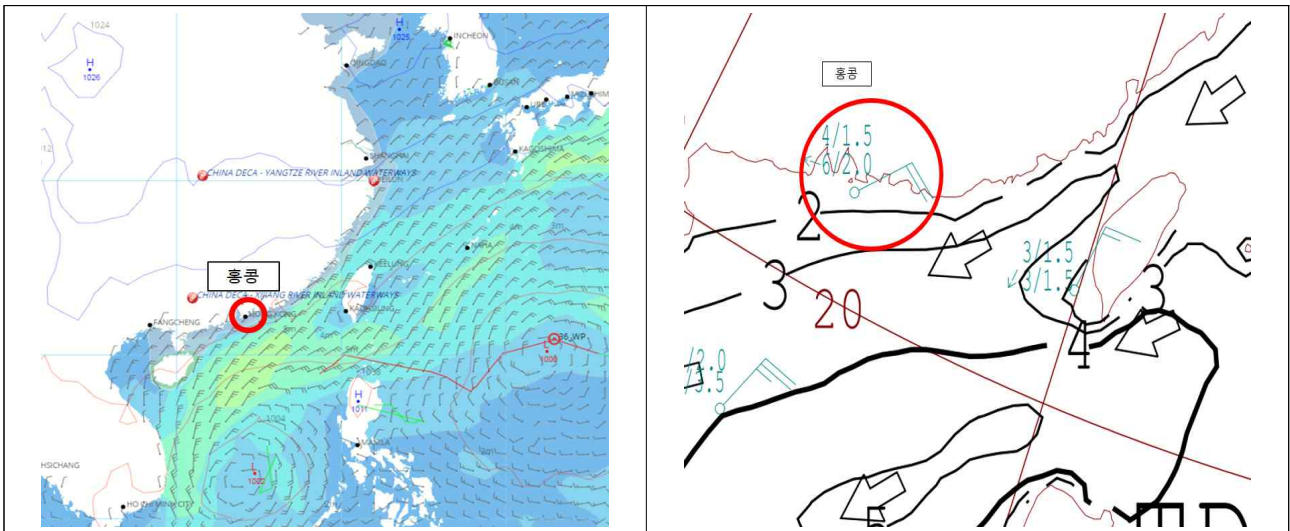
50) 한국선급 승인도면(Final, Trim, Stability & Longi. Strength Cal.) 상의 배수량은 11,644 MT으로 사용 프로그램이 달라 약간의 차이가 있다.

2호의 적재상태가 되도록 재산정하였다.

4.1.5 한편, 조사 과정에서 켈시2호에 또 다른 화물적재도가 있는 것이 식별되었다.⁵²⁾ 해당 적재도 상의 출항 홀수는 선수미 8.10미터의 동일 홀수(Even Keel)로 되어있고, 불량 중량은 150톤, 평형수는 300톤으로 기재되어 있다. 이에 대해서 선장은 홍콩 출항 당시 홀수는 만재홀수인 7.94미터이며 만일 1cm라도 초과하면 출항허가가 나지 않는다고 언급하며, 선교에 참고용으로 화물적재도를 비치해 두는데 기재사항이 제대로 입력되지 않은 작업용으로 보인다고 하였다.⁵³⁾ 해당 화물적재도는 신뢰성이 떨어지는 것으로 판단되어 조사과정에서 검토 후 최종 배제하였다.

4.2 기상예보에 따른 항로설정 및 출항결정

4.2.1 켈시2호는 2022년 10월 12일 10시 05분경 홍콩을 출항하였다. 당시 선사 측에서 켈시2호에 제공한 기상예보를 보면 홍콩 앞 해상에는 초속 12미터(m/s)의 북동풍이 불고 있었다. 이는 풍력계급(Beaufort wind force scale) 6 (Strong breeze)에 해당하는 세기의 바람이다. 일본기상청의 파랑도 정보(다음 오른쪽 그림, 동그라미 표시)에서도 비슷한 세기의 풍속 20노트 (knots)의 바람이 선박에서 관측된 것으로 기록되어 있다. 파고는 2미터 내지 3미터로 예보되고 있었다.



<그림 10> 홍콩 출항 당시 기상예보(좌, 선사제공), 일본기상청 파랑도 발췌(2022년 10월 12일 00시Z) 정보(우)

51) 불명중량값으로 75 MT, 기타값으로 660.885 MT을 무게중심점에 적용하였다.

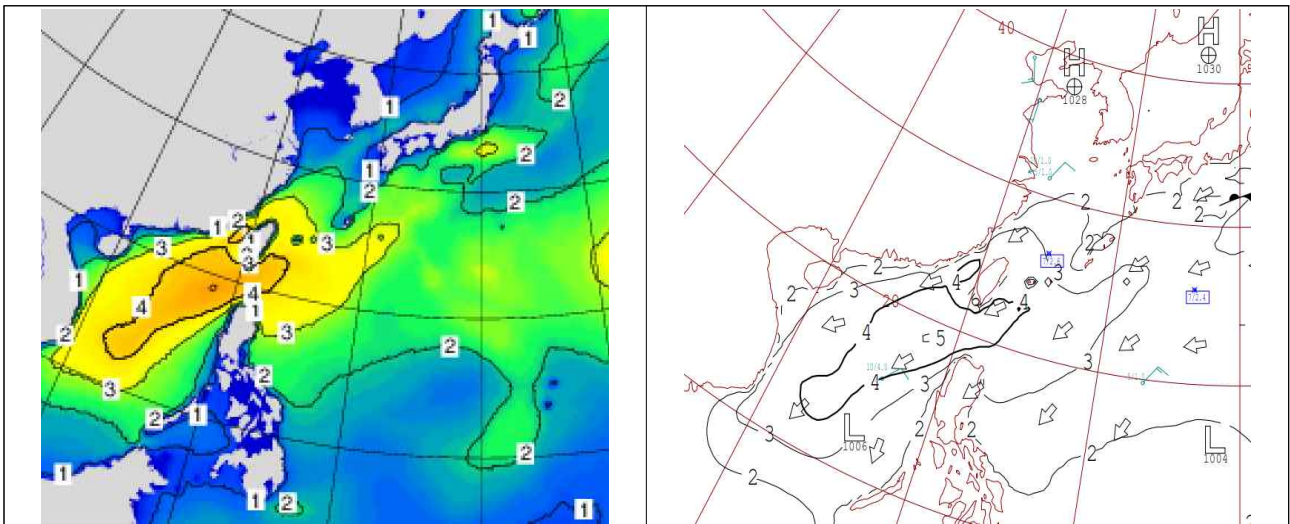
52) 중국해사국 사고조사보고서. 2023년 12월 18일. 4쪽.

53) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

4.2.2 한편 필리핀 남서쪽 해상에는 저기압이 위치하고 있었고,⁵⁴⁾ 필리핀 동쪽 먼 해상에는 제36호 열대저압부(Tropical Depression)가 발달 중이었다.⁵⁵⁾ 이렇듯 출항 당시 해상과 차항지까지 항로 상에는 강한 바람이 예보되고, 불안정한 대기로 악천후 항해가 예상되었다. 특히, 대만해협 해상에는 초속 15 미터(m/s)의 강풍이 예보되고 있었다. 이는 풍력계급 7(Near gale)에 해당하는 태풍급의 강한 바람에 해당한다.⁵⁶⁾

4.2.3 그러나, 켈시2호 선장은 이러한 기상예보에도 불구하고 피항 대기를 하는 대신 화물 선적 작업을 마치고 예정대로 한국의 군산항을 향해서 출항하였다. 켈시2호의 선장은 대만해협 쪽으로 항로를 잡고, 만일의 비상 피난 및 구조에 대비하여 중국 연안에 가깝게 항로를 설정하였다.⁵⁷⁾

4.2.4 만일, 켈시2호 선장이 출항하지 않고 대기한다고 하면 홍콩의 묘박지(Anchorage)에서 대기하거나 필리핀 해상 쪽으로 내려가서 저기압이 지나갈 때까지 며칠간은 기다려야 했다.⁵⁸⁾ 선사의 사고조사보고서에도 “피항한다면 장기간 대기가 예상되어”라고 되어있는 것을 보았을 때 정시 입출항에 대한 부담이 선장의 출항 강행 결정에 어느 정도 영향을 주었다고 판단된다.



<그림 11> 일본기상청 파랑도 정보(2022년 10월 12일 12시Z)

54) 이 저기압은 10월 14일 06시(UTC) 기준으로 제19호 태풍 선까(SONCA)로 발달했다.

55) 10월 14일 12시(UTC)에 열대저압부로 발달했으며, 10월 15일 12시(UTC)에 제20호 태풍 네삿(NESAT)으로 발달했다.

56) 풍력계급 7은 13.9~17.1 m/s (28~33 knots)에 해당한다. 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)에서는 중심부근의 최대풍속이 초속 17미터 이상인 바람을 동반한 저기압을 태풍으로 분류한다.

57) 선사 사고조사보고서 기재사항. 2022년 10월 17일.

58) 선장의 진술. 2024년 3월 6일.

- 4.2.5 켈시2호가 홍콩을 출항한 이후 발표된 후속 기상정보(상기 그림 좌우, 그림11)에 따르면 해상의 파고가 대만해협에서 4미터로 더 높아지는 것을 알 수 있다. 이는 출항한 이튿날부터 해상 날씨가 더 안 좋아지면서 바람은 풍력계급 7, 파고는 5미터 내지 6미터 정도로 일었다고 한 선장의 진술과도 일치한다.⁵⁹⁾ 일반적으로 대만해협은 바람의 영향을 많이 받는 지역으로 9월 하순부터 10월 사이에 유속이 0.5 내지 1노트로 흐르고, 5월부터 10월 사이에는 태풍의 내습을 받기 쉬운 해역이다.⁶⁰⁾ 또한, 조류는 대만 난류 등의 상호작용으로 비교적 복잡하게 흐르므로 유의해야 한다.
- 4.2.6 선사의 안전관리절차서(이하 “선사 안전절차서”) 7.3.1에 따르면 이처럼 항해 중 풍력계급 7 이상의 악천후가 예상될 때는 선장은 저기압 또는 악천후의 종류와 정도, 본선의 감항성, 부근의 지리적 조건 및 피항지 유무를 종합하여 본선의 진로를 결정해야 한다고 규정하고 있다. 그러나, 켈시2호는 앞서 4.2.2에서 보았듯이 풍력계급 7이상의 바람이 예보되었음에도 피항 대기를 하지 않았으며, 출항 시에도 막연히 중국 연안에 가까이 항로를 설정하였을 뿐 사전에 피항지를 선정하지 않았다.
- 4.2.7 아울러, 선사 안전절차서 7.3.5에 따르면 악천후 조우 시에는 기상도, 파랑도 등 수집할 수 있는 모든 정보를 수집하여 해상기상 및 파고 등을 종합 분석한 후 본선에 미치는 영향을 정확히 파악하도록 규정하고 있다. 부가하여 선사 안전절차서 7.3.9에서는 기상 조건의 평가와 관리 항목에 따라서 기상정보를 평가하여 항해에 적절히 반영해야 하며 악천후 조우 시 항로의 변경이 필요한 경우 안전조치를 하고 육상안전관리자에게 보고하고 적절히 조치하도록 하고 있다.
- 4.2.8 또한, 선사에서도 기상 상태가 본선의 안전항해에 영향을 미친다고 판단될 경우 선사 안전절차서 14.4에 따라서 운항상황을 분석한 후 운항통제 여부를 검토하도록 하고 있으며, 검토 후 운항통제가 필요할 때는 선사 안전절차서 14.5.3에 따라서 ‘운항통제 보고서’를 작성하여 선주사 등에 통보하여 필요한 지원을 요청하도록 하고 있다.
- 4.2.9 그러나, 켈시2호는 악천후 항해 예상 시 준수해야 하는 이러한 기상정보의 평가와 분석 그리고 악천후에서의 항해와 피항 등을 결정해야 하는 상황에서 선사 안전절차서에 따른 검토 과정들이 육해상 간에 충분히 이뤄지지 않았다. 그 결과 육상의 지원 없이 선장의 독자적인 판단으로 출항했으며, 출항 후에 악화된 기상 상황과 선수창고의 침수 상황에서도 앞서 3.3.4절에서 살펴본 바와 같이 선사의 운항통제 절차가 검토되

59) 선장의 진술. 2022년 12월 6일.

60) 국립해양조사원. 중국연안항로지(Coast of China Pilot). 2019년 제4판. 113쪽.

고 지켜지지 않았다. 그 결과 선사에서는 비상 상황에서도 “자체적으로 해결하라”고 하였으며, 결국 육상에서의 상황관리와 안전지원은 적극적으로 이뤄지지 않은 것으로 판단된다.

4.3 악천후 항해 대비 점검

4.3.1 선사 안전절차서 7.3.2에는 악천후가 예상되면 ‘황천항해 점검표’를 포함하여 갑판 상수밀상태, 통풍관의 폐쇄 및 배수구 점검 등을 수행하도록 규정하고 있다. 이에 대해 켈시2호의 선장은 출항 전 점검표에 따라서 점검을 실시하였다고 진술하였다.

4.3.2 선사 안전절차서에 따른 구체적인 악천후 항해 점검 항목은 아래와 같다.

- 해치 커버 수밀 상태를 재확인하고 갑판 상 맨홀, 각종 창고와 로커 및 수밀문을 폐쇄한다.
- 환풍기 등 각종 통풍관을 폐쇄하고 측심관의 마개 등이 닫혔는지 점검한다.
- 현장을 밀폐한다.
- 갑판 상 스커퍼 등의 배수구가 막혀있지 않도록 한다.
- 예상되는 악천후에 대해 기관실에 통보하고, 전 선원에게도 알려서 침실 및 공용장소의 이동물을 고박, 정리하게 한다.
- 긴급사유로 인해 선장이 허가한 경우 이외에는 악천후 중 폭로 갑판 출입을 금지한다.

4.3.3 켈시2호는 선장의 진술처럼 출항 전 맨홀 및 수밀문 등을 폐쇄하고 갑판상 이동물 등을 고박하고 정리하는 등 상기 항목들에 대한 점검을 한 것으로 판단된다. 그러나, 결정적으로 최초 침수가 발생한 선수창고 내부에 있는 묘쇄실(체인로커, Chain Locker)의 개구는 폐쇄되지 않고 열린 채 방치되어 있었다.

4.3.4 침몰한 켈시2호는 인양작업을 통해서 2023년 11월 05일 인양되어서 중국 천주(Quanzhou) 연안으로 이동되었다. 대한민국 중앙해양안전심판원은 중국해사국(China MSA)의 적극적인 협조하에 2023년 12월 19일 천주 현장을 방문하여 인양된 선체를 조사하였다. 이때, 상기 4.3.3절에 언급한 바와 같이 묘쇄실의 개구가 사고 당시 열린 채로 있었다는 것을 확인하였다.

4.3.5 묘쇄실은 앵커체인을 보관하는 장소로 내부에는 접근 사다리가 설치되어 있고, 외부에는 출입용 해치 (Access Hatch)가 있어 선원들이 내부 청소 작업을 할 때 이용한다. 켈시2호의 경우 묘쇄실의 출입용 해치는 선수창고 내부에 있다. 해치의 형태는 사각형 모양으로 나비볼트로 채울 수 있게 되어있다.



<사진 10> 열린 켈시2호 묘쇄실 개구(좌), 묘쇄 통로관 및 묘쇄실 개구(우)

4.3.6 켈시2호 묘쇄실의 개구가 열려져 있던 이유는 확실하지 않다. 이 개구는 원칙적으로 닫혀있어야 한다. 선박에서는 앵커체인을 해저에서 올릴 때 진흙과 모래 등이 묻어서 같이 올라와서 묘쇄실 안에 쌓이게 되므로 주기적인 내부 청소가 필요하다. 추정컨대 홍콩 입항 전 선원들이 묘쇄실의 내부 청소 작업을 하면서 열어두었을 가능성이 있다. 그러나, 악천후 향해 점검을 하면서 열린 묘쇄실 개구를 미처 확인하지 못했거나 점검을 소홀히 하여 열어둔 것은 결과적으로 선수창고가 침수되는 결정적 원인이 되었다.

4.3.7 한편, 2015년에 발생한 엘파로호(El Faro) 사고의 경우도 부적절한 항로 선정과 악천후 향해 중 열려있던 화물창의 개구부를 통하여 화물창이 침수되고 이후 과도한 횡경사가 발생하여 침몰한 사고로 이처럼 개구부의 개방이 사고로 이어진 유사점이 있다.

4.4 선수창고 침수 원인

4.4.1 켈시2호가 홍콩항을 출항할 당시 선수창고의 입구는 닫혀있었음에도 선수창고에 원인미상의 침수가 발생하면서 대량의 해수가 유입되는 사고가 발생했다.

4.4.2 선수창고 침수발생 원인에 대해서 먼저 선수부의 금속피로에 따른 균열로 인한 침수 가능성을 생각할 수 있다. 선박이 전진함에 따라서 선수부는 부딪히는 파도에 의한 충격인 팬팅 (Panting) 현상과 선수선저가 공중에 떠올랐다가 다시 내려오면서 해수면에 강하게 부딪히는 현상인 슬래밍(Slamming) 등으로 인하여 국부적인 구조파괴가 발생할 수 있다.⁶¹⁾ 그러나, 켈시2호 인양선체를 조사한 결과 선수부에 균열이나 파공의 흔적은 발견되지 않았기에 구조파괴로 인한 침수는 아닌 것으로 확인되었다.

4.4.3 선수부의 다른 외판의 부식이나 균열로 인한 침수 가능성도 낮은 것으로 판단된다. 사고 전 켈시2호는 한국선급으로부터 정기적인 검사를 수검하면서 필요한 점검, 수리 및 정비를 하였다. 2017년 6월 정기검사 시에는 선수부 하단의 외판을 보강하는 작업을 하였다.⁶²⁾ 2020년 3월 중간검사 시에는 선수탱크의 선측외판(Side Shell Plate)에 대한 일부 구간의 신환작업을 하였다.

31. F.P.TANK (FR.158 ~ FR.FE)

As a result of overall survey, there were deficiencies and repaired with satisfaction as below.
Deformed side shell plates was partly cropped and renewed.

- Fr. 162+300 ~ 164+100 on port side S-10 plate : 1050x700x12
- Fr. 162+200 ~ 163+150 on stb'd side S-10 plate : 600x600x12

<그림 12> 켈시2호 2020년 3월 중간검사 시 선수탱크 선측외판 작업 내용

4.4.4 또한, 2022년 6월 정기검사 시에는 묘쇄실의 일부 구간을 신환하였고, 선수탱크와 묘쇄실 간 격벽 및 내부구역에 대한 부식 및 도장상태 검사 등을 진행하여 상태가 양호함을 확인하였다. 2022년 6월 정기검사는 사고 발생 불과 4개월 전에 실시된 것으로 수리가 완료되고 탱크내부 검사 결과가 양호한 것으로 보았을 때 기존의 선체부식이나 균열로 인해 선수부 침수가 발생했다고 보기는 어려운 것으로 판단된다.

1) Corroded chain locker top plates(upper deck) in bosun store were partly cropped and renewed as below.

- (Port) Fr.No.155+400 ~ Fr.No.157+70 / Between 520 and 1,620 off C.L (870 x 1,100 x 10t)
- (Stb'd) Fr.No.155+500 ~ Fr.No.156+200 / Between 400 and 700 off C.L (300 x 300 x 10t)

2) Corroded chain locker AFT BDH plate below bosun store was partly cropped and renewed as below.

- (Stb'd) Fr.No.155 / Between 680 and 1,040 off C.L / From 9,710 to upper deck above B.L (360 x 390 x 12t)

<그림 13> 켈시2호 2022년 6월 정기검사 시 묘쇄실 수리 및 신환 내용

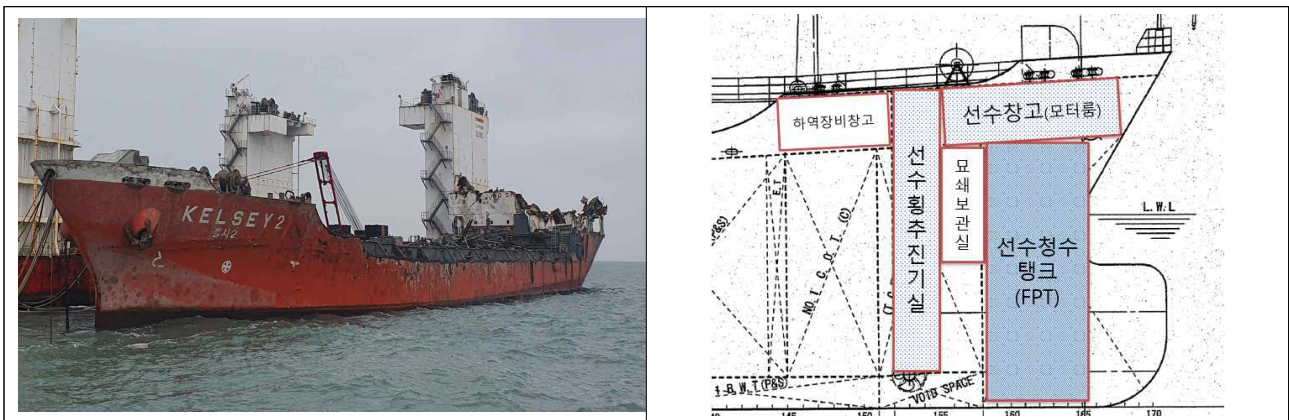
61) 이케다 요시호. 선박구조교과서. 보누스. 2018년. 154쪽.

62) 선수부 하단(Bottom Forward)의 127번 프레임부터 167번 프레임 사이의 구간에 보강작업을 하였다.

T/C F.W.TANK(P/S)	P/S	FW	PP	D	X	G	A		
NO.1 F.W.TANK(P/S)	P/S	FW	PP	D	X	G	A		
F.P.TANK	C	FW	PP	D	X	G	A		

<그림 14> 켈시2호 2022년 6월 정기검사 시 선수탱크 격벽 등 부식 및 도장상태 점검 내용

4.4.5 앞서 4.3.4절에서 언급한 바와 같이 켈시2호가 인양됨에 따라서 현지조사를 진행하였으며 특히, 최초 침수가 발생된 선수부 구역을 면밀히 조사하였다. 선수부 구역은 크게 선수창고(모터룸, Motor Room), 묘쇄실(Chain Locker), 선수횡추진기실(Bow Thruster Room)과 선수청수탱크(FPT: Fore Peak Tank)가 있다. 그리고, 선수횡추진기실 격벽 뒤쪽으로 하역장비창고(Cargo Gear Room)가 위치해 있다.



<사진 11> 인양된 켈시2호 전경(좌), 켈시2호 선수부 구역표시(우)

4.4.6 선수부의 선수창고와 선수횡추진기실 간에는 출입문이 설치되어 있으나 선체 인양 당시 이 출입문도 열려져 있었음이 확인되었다. 결국 선수창고에 침수가 발생한다면 선수횡추진기실에도 해수가 유입되어 앞서 3.2.2절에서 본 바와 같이 횡추진기실 하부에 설치되어 있는 발지알람이 작동하게 된다. 묘쇄 통로관은 좌현과 우현 양묘기 아래에 각각 하나씩 두 개가 있으므로 악천후 항해 중 월파가 들이치면서 양쪽으로 지속적으로 유입된 것으로 판단된다.

4.4.7 아울러, 켈시2호는 묘쇄 통로관 덮개와 관련된 규정이 개정되어 적용되는 2005년 이전에 건조된 선박으로 묘쇄통로관 상부(Chain pipe head)에 볼트를 이용하여 묘쇄관 덮개(Chain pipe cover)를 영구적으로 탈부착할 수 있도록 제작되어 있지 않았다. 켈시2호는 묘쇄관을 통한 해수 유입을 막기 위해 커버와 캔버스를 이용하여 수밀을 하였

으나 악천후 항해 상황에서 파도에 의해 커버와 캔버스가 유실되어⁶³⁾ 해수가 묘쇄 통로관을 통해 유입되는 원인이 되었다.

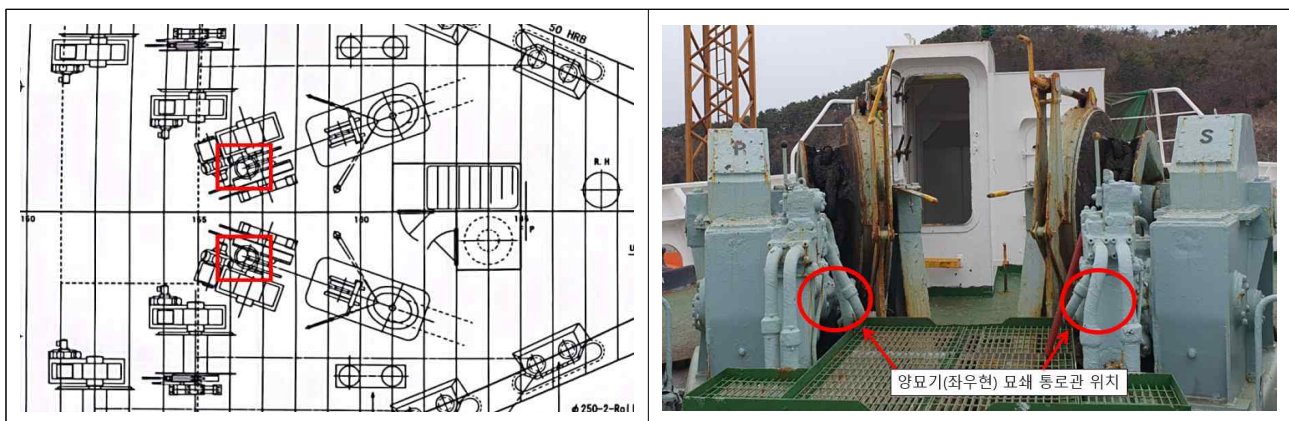
Regulation 22-2
Spurling pipes and cable lockers

- (1) Spurling pipes and cable lockers shall be watertight up to the deck exposed to weather.
- (2) Where means of access are provided, they shall be closed by a substantial cover and secured by closely spaced bolts.
- (3) Spurling pipes through which anchor cables are led shall be provided with permanently attached closing appliances to minimize water ingress.

207. 체인로커 [지침 참조]

1. 서퍼링 관(spurling pipes) 및 체인로커는 노출갑판에 이르기까지 수밀이어야 한다. 그러나 분리된 체인로커들 사이에 위치한 격벽이나, 체인로커들의 공통 경계를 이루는 격벽은 수밀일 필요는 없다.
2. 접근설비가 설치된 경우, 견고한 덮개로 폐쇄되어야 하며 좁은 간격의 볼트로 고정되어야 한다.
3. 서퍼링 관 또는 체인로커로의 접근설비가 노출갑판 하부에 설치되는 경우, 출입구 덮개와 고정설비는 우리 선급이 인정하는 표준(예:ISO 5894 등)에 따르거나 수밀 맨홀 덮개와 동등한 수준이어야 한다. 출입구 덮개에 대한 고정설비로서 나비형너트(butterfly nuts) 및/또는 경첩식볼트(hinged bolts)는 사용할 수 없다.
4. 앵커체인이 지나가는 서퍼링 관에는 물의 유입을 최소화 할 수 있는 영구적으로 부착된 폐쇄장치를 설치하여야 한다.

<그림 15> 국제만재흡수선조약(ICLL) 규칙(상), 한국선급 체인로커 관련 규칙(하)



<그림 16> 켈시2호 묘쇄 통로관 위치(좌), 양묘기 묘쇄 통로관 위치(우, 동형선박)

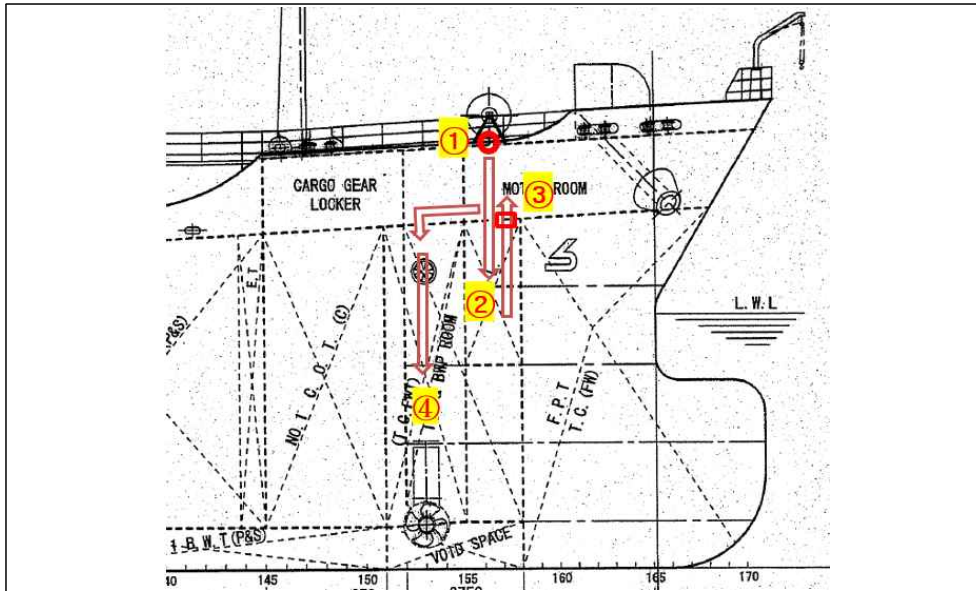
63) 묘쇄 통로관을 수밀하기 위한 커버와 캔버스가 유실된 것을 선장이 확인함



〈사진 12〉 양묘기 하단 묘쇄 통로관(좌), 열려진 선수횡추진기실 출입문(우)

4.4.7 이를 통해서 선수부의 침수경로는 다음과 같이 유추된다. 앞서 3.1.5절에서 살펴본 바와 같이 10월 13일 오후부터는 기상이 악화되었고 선수루(Forecastle)에 해수가 들이치는 상황이 되었다. 이렇게 선수 갑판 상에 들이친 해수는 선수 양묘기(Windlass) 하단에 있는 묘쇄 통로관(Spurling pipe)을 통해서 지속적으로 묘쇄실로 유입이 되었으며, 열려 있던 묘쇄실 개구를 통해서 선수창고로 재유입되었다. 이후 횡추진기실로 해수가 넘어가면서 선수횡추진기실에도 침수가 발생하였다.

- 침수경로 : ① 묘쇄 통로관 ⇒ ② 묘쇄실 ⇒ ③ 선수창고(모터룸) ⇒ ④ 횡추진기실



<그림 17> 켈시2호 선수부 침수경로

4.4.8 한편, 묘쇄 통로관으로 유입된 침수량과 소요 시간과의 관계를 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해서 선수루 갑판에 물이 찬 것을 가정하고 묘쇄통로관의 면적⁶⁴⁾에 유속⁶⁵⁾을 곱하여 수두 높이에 따른 유량을 계산하였다. 그 결과 한 개의 통로관을 통해서 세 구역의 전체 용적(총 189.799m³)⁶⁶⁾이 침수되는 시간은 수두 높이가 1cm일 경우 약 5시간 12분이고, 수두 높이가 5cm 일 경우에는 약 2시간 20분이 산정되었다. 묘쇄 통로관은 양쪽 두 개이므로 기상 및 침수상황에 따라서 걸린 시간은 더 짧을 수 있으며 비교적 단시간에 전체 구역에 침수가 이뤄진다는 것을 알 수 있다.

수두(m)	0.001	0.005	0.010	0.050
선루면적(m ²)	147.800	147.800	147.800	147.800
침수부피(m ³)	0.148	0.739	1.478	7.390
침수량(톤)	0.151	0.757	1.515	7.575
유량(m ³)	0.018	0.039	0.056	0.124
침수 시간(초)	10793.847	4827.155	3413.314	1526.480
Pitch 주기	5.477	5.477	5.477	5.477
Pitch 주기 고려 침수시간(초)	59115.406	26437.213	18693.933	8360.181
침수 시간(분)	985.257	440.620	311.566	139.336
침수 시간(시간)	16.421	7.344	5.193	2.322

<표 1> 켈시2호 묘쇄 통로관을 통한 침수량 산정

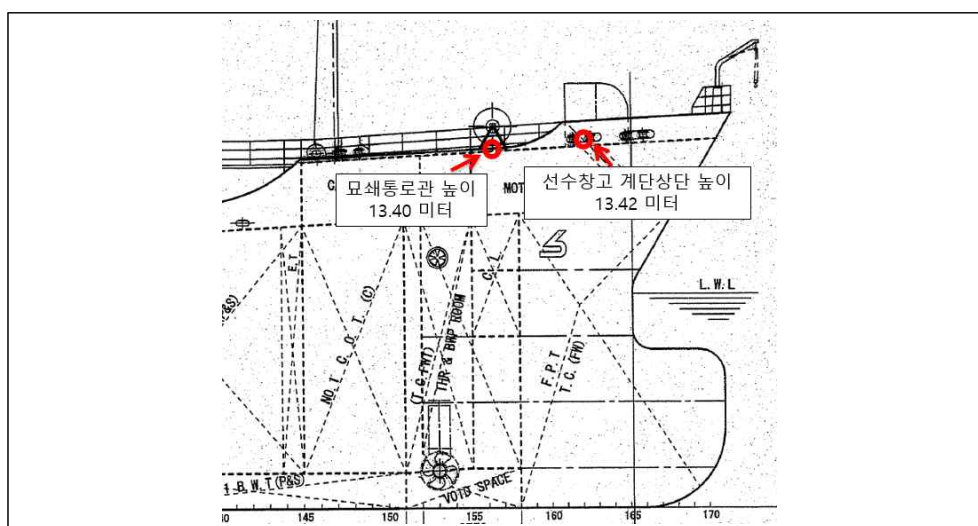
64) 묘쇄 통로관의 지름은 0.40 미터로 면적은 0.126 m²이다.

65) 유속은 $\sqrt{2gh}$ 로 산정하였다. g는 중력가속도, h는 수두이다.

66) 묘쇄실(Chain Locker, 33.210m³), 선수형추진기실(Bow Thruster Room, 72.536m³), 선수창고(Motor Room, 84.053m³)의 용적을 합산한 용적이다.

4.4.9 이처럼 묘쇄 통로관을 통해서 침수가 발생했다는 것은 묘쇄 통로관의 높이와 침수 지점의 높이를 비교해도 추정 가능성이 있다. 묘쇄 통로관은 선수루 갑판에 있고 개구의 높이는 13.40미터이다. 한편, 선수창고의 침수 지점은 선수창고 입구 계단 위까지로 침수 당시에 선수 트림을 감안한 높이는 13.42미터⁶⁷⁾로 산정되어 거의 같은 높이임을 알 수 있다.

4.4.10 이때 당시 켈시2호의 상태는 후술하는 4.6.8에 따르면 사례2(Case 2)의 경우로 선수부 세 구역의 침수를 반영한 흘수값은 선수 8.964미터, 중앙 8.071미터, 선미 7.178미터로 선수 트림값은 0.893미터이다. 즉, 선수 트림이 발생하여 선수가 침하된 상태였으나, 선수 흘수값은 8.964미터로 묘쇄 통로관의 개구 높이 보다 낮은 위치이다. 이처럼 선수 흘수선 높이를 초과하는 상부까지 침수가 발생했다는 것은 침수 요인이 흘수선 아래가 아니라 그 위에 다른 요인이 있었던 것으로 보는 것이 합리적이다. 즉, 앞서 4.4.6절에서 살펴본 바와 같이 악천후 항해 중 선수부에 들이치는 월파로 인하여 묘쇄 통로관을 통하여 선수창고 내부침수가 일어나면서 선수부가 침수된 것으로 판단된다.



<그림 18> 켈시2호 선수 침수부위 높이

4.5 침수 발생 시 피향판단

4.5.1 켈시2호 선장은 2022년 10월 13일 14시 15분경 최초 침수알람이 발생하여 선회하였고, 로드컴 계산결과를 확인한 후 항해를 재개하였다. 그러나, 당시 선장이 입력한 선

67) 선수창고 입구 바닥 높이 13.60미터에서 묘쇄관 통로높이와 선수창고 문 높이의 차이인 0.177미터를 뺀 수치이다.

수탱크 적재량은 총 166.4톤으로 출항 당시 이미 120톤 가량의 청수가 적재되어 있었던 것을 감안하면 선장이 입력한 약 200톤의 계산값은 오류일 가능성이 높다. 이는 로드컴 프로그램 상 200톤을 입력해도 최대 166.4톤 값만 적용되기 때문이다.

4.5.2 또한, 침수가 된 선수창고, 선수횡추진기실 및 묘쇄실 구역은 프로그램에 입력되지 않는 제외된 구역이므로 선수탱크에 수치를 입력한다고 해도 정확히 값이 반영되지 않는다. 이러한 계산값의 오류에도 불구하고 켈시2호 선장은 이를 신뢰하고 단순히 항해가 가능한 상태라고 판단하였다.

4.5.3 켈시2호는 출항 당시 7.94미터 만재상태에서 출항하였다고 선장은 진술(4.1.5절)하였다. 이에 선장은 선수탱크에 해수가 유입되어 침수가 진행되다면 만재흘수선을 넘을 수 있다는 것을 예상할 수도 있었을 것이다. 하지만 선장은 이와 같이 상황인식 및 예상은 하지 못하고 항해를 계속하는 결정을 하였다.

4.5.4 켈시2호는 항해를 재개한 다음 날인 10월 14일 08시 45분경 다시 선수창고 상태를 확인하기 위하여 두 번째 선회를 하였다. 앞서 3.3.2절에서 본 바와 같이 두 번째 선회지점은 첫 번째 선회지점으로부터 약 94해리를 항주한 지점이다. 만일, 선장이 첫 번째 지점에서 침수를 확인한 후 신속한 상황판단으로 안전한 육상항구로 이동하여 수리 조치를 하였다면 선박이 침몰하는 상황까지 이르지 않는 것을 것으로 판단된다.

4.5.5 켈시2호는 2022년 10월 14일 08시 45분경에 실행한 두 번째 선회지점으로부터 다시 항해를 재개하여 10월 14일 22시경 최종적으로 피항결정을 한 지점까지 약 45해리를 항주하였다.⁶⁸⁾ 두 번째 선회지점에서 중국의 샤먼항까지의 거리가 약 50마일 정도 떨어져 있었으므로 두 번째 선회하여 침수를 확인한 후 항해를 재개하지 않고 인근 샤먼항 등으로 피항하여 육상의 지원을 받았다면 침몰 상황은 막을 수 있었을 것으로 예상할 수 있다.

4.5.6 선장은 비상상황 시 신속하게 사고의 심각성을 판단하여야 한다. 그러나, 켈시2호 선장은 악천후 항해 중 두 차례 선수창고의 침수 상태를 확인하였고, 피항조치를 하여야 하는 상황이었음에도 신속하고 합리적인 판단을 내리지 못해 피항의 적기를 놓친 것으로 판단된다.

68) 중국해사국에서 제공받은 켈시2호의 항적으로 10월 14일 09시 북위 24도 08.5분, 동경 118도 50.4분 위치와 10월 14일 22시 북위 24도 40.8분, 동경 119도 26.4분 위치를 항정선(Rhumb line)으로 계산하였다.

4.6 좌현경사 발생 원인

- 4.6.1 앞서 3.4절에서 살펴본 바와 같이 켈시2호는 최초 선수부가 침수된 후에 2022년 10월 14일 16시경부터 좌현으로 약 2도에서 3도 정도로 점점 기울기 시작하였다. 약 4시간 후인 같은 날 20시경에는 기울기가 약 5도 정도가 되었으며 같은 날 21시경에는 약 8도에서 10도 정도가 되었다. 피항을 결정하고 배를 선회한 후에는 점점 더 기울어져서 다음 날인 10월 15일 01시 45분경에는 약 20도가 되었다. 약 1시간 후인 02시 40분경 선장은 퇴선을 결정하였고 이때 선박의 경사는 약 30도 정도가 되었다. 선원들이 퇴선한 후 같은 날 11시경 켈시2호는 전복되었다.
- 4.6.2 켈시2호에 좌현경사가 발생한 원인은 특정하기 어렵다. 일반적으로 선박에 횡경사가 생기는 원인은 외판손상이나 개구부 개방 또는 파손으로 인하여 화물창이나 평형수 탱크에 침수가 발생한 경우이다. 그러나, 켈시2호 인양선체 조사 결과 외판에는 특별한 손상이 식별되지 않았다.
- 4.6.3 다른 가능성으로 주목할 만한 것은 상갑판에 설치된 평형수 탱크의 공기관(Air pipe)을 통하여 평형수 탱크에 해수가 유입되었을 가능성이다. 켈시2호는 피항 전 두 번의 선회를 하였는데 이 과정에서 선미사파의 영향과 높아지는 풍랑의 영향으로 좌현으로 월파가 계속 들이쳤고 1번과 2번 평형수 탱크의 공기관이 파손되면서 평형수 탱크에 해수가 유입되었을 가능성이 있다.
- 4.6.4 켈시2호가 운항하던 해역의 당시 기상정보에 따르면 유의파고는 2내지 3미터였고, 파 주기는 6초였으며 풍속은 30노트로 파향 및 풍향은 북동방향이었다. 켈시2호의 로그 북에 기재된 기상상황에는 출항 후 2022년 10월 12일 정오까지 북동풍의 바람과 파도가 풍력계급 3내지 4로 나타났지만, 2022년 10월 13일 오후부터는 풍력계급 6으로 바람과 파도가 거세어졌고, 10월 14일 정오부터는 북풍의 바람과 파도가 풍력계급 7의 강한 해상 상태로 기재되어 있어 기상정보와 유사한 것으로 판단된다.

89

M/S KLSFY 2

DECK LOG

Page No.

항 차

Voyage No. K2 32012

Date 14 OCT 2022

시간	거리	방향	회전수	원로	COURSE	좌회	우회	바람	WIND	시정	기압	온도	태도	Sea
HR	Run	Log	R.P.M	True	Gyro	Stand	Dev.	Dir.	Force	Vis	W.R.	Baro.	Air	Sea
1														
2														
3														
4	20	5.1	5.5	180	0.44	0.44	0.51	2.5	2012	6	7	1015	27	2.6
5														
6														
7														
8	23	5.8	6.1	180	0.47	0.47	0.51	2.5	2012	6	7	1015	27	2.6
9														
10														
11														
12	25	6.25	6.5	180	0.47	0.47	0.51	2.5	2012	6	7	1016	27	2.6
13														
14														
15														
16	26	6.0	6.4	180	0.47	0.47	0.51	2.5	2012	6	7	1016	27	2.6
17														

바람

파도

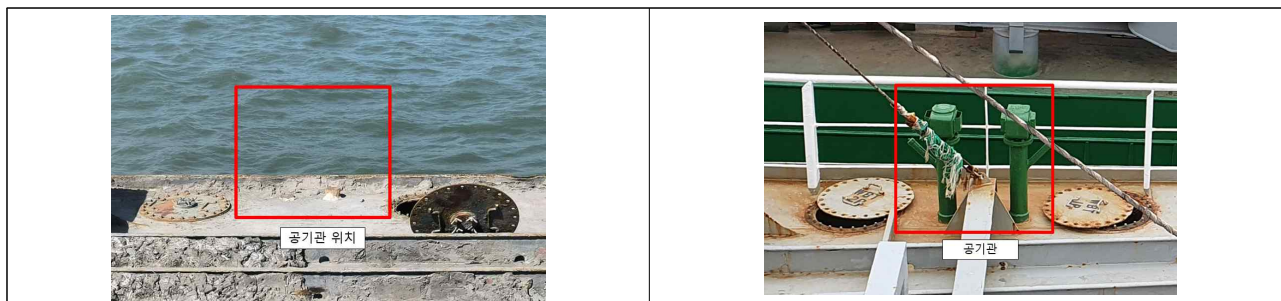
〈사진 13〉 켈시2호 2022년 10월 14일 로그북 기재사항

4.6.5 앞서 3.2.5절에서 켈시2호가 선수창고를 점검하려고 배를 선회하였고 당시 갑판상 구조물의 손상 보고를 위해 찍은 다음 사진들을 보면 켈시2호의 좌현 갑판 상으로 해수가 들이쳐서 올라오는 모습을 확인할 수 있다. 이처럼 켈시2호가 선회를 할 당시에 이미 선수창고 침수로 선수트림이 발생하였고 견현도 낮아진 상태였으므로 선회를 하면서 높은 파도 및 선미사과의 영향으로 좌현 갑판 위로 파도가 계속 유입되었던 상황이었을 것으로 판단된다. 다만, 다음 오른쪽 사진상에는 좌현 1번과 2번 평형수 탱크의 공기관은 파손된 상태는 아닌 것으로 보인다. 이 사진들은 10월 14일 12시 06분경 항해를 재개하고 같은 날 14시 무렵에 선사에 보낸 것이므로 파손이 발생했다면 항해를 재개한 이후가 되었을 것이다.

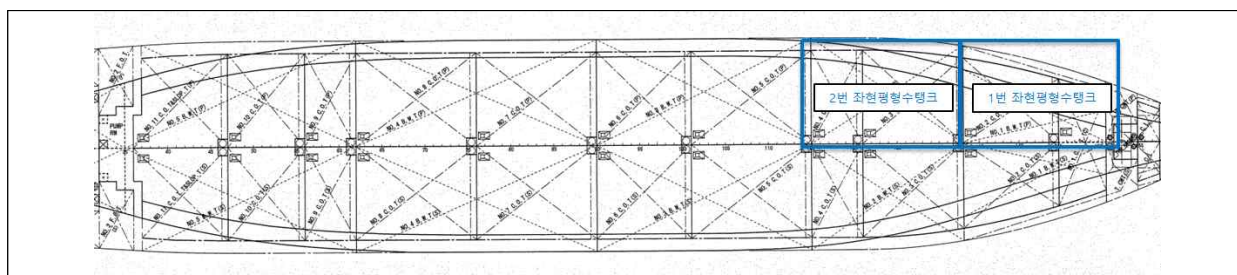


〈사진 14〉 켈시2호 선회 당시 좌현갑판으로 들이치는 파도 모습(좌), 좌현 1번과 2번 평형수탱크 공기관(우)

4.6.6 즉, 켈시2호에 좌현경사가 발생한 것은 2022년 10월 14일 12시경 다시 항해를 재개한 후 같은 날 16시경부터였으므로 선회 이후 좌현 월파의 충격과 다시 부상하면서 맞은 강한 북풍과 파도의 영향으로 공기관이 파손되었을 것으로 추정해 볼 수 있다.



<사진 15> 켈시2호 좌현 평형수탱크 공기관 위치(좌), 동형선박의 1번&2번 좌현 평형수탱크 공기관(우)



<그림 19> 켈시2호 1번&2번 좌현 평형수탱크 위치

4.6.7 한편, 켈시2호가 침몰된 후 인양작업을 할 때 오염방지 목적으로 켈시2호의 공기관을 절단한 후 공기관을 막는 작업을 하였다. 또한, ‘인양 당시 갑판의 모든 화물창과 평형수 탱크의 환기배관 등이 손상되었다’⁶⁹⁾고 중국해사국 사고조사보고서는 언급하였다. 이에 1번과 2번 좌현 평형수탱크의 공기관이 사고 당시 파손되었는지 침몰 후 손상되었는지는 여부는 확실하게 알 수 없다.

4.6.8 다음 도표는 켈시2호의 적재 상태의 시뮬레이션 모델에 침수되는 조건을 고려하여 계산한 수치들이다.⁷⁰⁾ 여기서 사례2(Case 2)는 선수창고(Motor Room), 선수횡추진기실(Bow Thruster Room), 그리고, 선수탱크(FPT)가 침수된 상황이다. 사례5(Case 5)는 사례2의 침수구역에 추가하여 탱크클리닝 좌우현(TC.FWT P&S) 탱크와 1번과 2번 좌현 평형수 탱크가 침수된 상태를 계산한 수치값들이다.

69) 중국해사국 사고조사보고서. 2023년 12월 18일. 9쪽.

70) 중소조선연구원. 앞의 용역보고서. 22쪽.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Displacement (ton)	11616	11808	12077	12112	12329	12662
Draft at Amidship(m)	7.940	8.071	8.246	8.267	8.398	9.576
Trim(m)	0.0	-0.893	-2.026	-2.151	-2.749	-5.650
Trim angle(deg.)	0.0	-0.45	-1.0	-1.1	-1.4	-2.9
Heeling(deg.)	0.0	0.0	-3.1	-3.2	-8.1	-35.7
KB(m)	4.173	4.239	4.344	4.358	4.462	4.877
KG(m)	6.117	6.116	6.164	6.148	6.098	6.016
G ₀ M(m)	1.003	0.963	1.011	1.034	1.004	0.455
-	Trim : + is stern, - is stem Heeling : + is Starboard , - is port					

〈표 2〉 켈시2호 적재조건과 침수조건에 따른 계산값

4.6.9 선수부가 침수된 사례2의 계산값을 살펴보면 선수트림 0.893미터 상태로 앞서 3.3.3 절에서 언급하였듯이 켈시2호 선장이 2022년 10월 14일 오전 두 번째 선회하여 선수창고를 확인하고 거주구역으로 들어올 때 선미가 들려서 보였다는 진술과 상황이 일치한다.

4.6.10 선수부 침수 후에 1번과 2번 좌현 평형수 탱크가 침수된 상황을 보여주는 사례5의 계산값 상에 선수트림은 증가하여 2.74미터가 되었고 좌현 횡경사도 8.1도로 확연하게 늘어났다. 이 시점은 2022년 10월 14일 20시경 삼등항해사B가 켈시2호가 좌현경사 후 직립하지 못하자 선장을 호출하였고 21시경 선장이 조타실에 올라갔을 때 보여진 당시 선체상태와 선장과 선원의 진술과 유사한 수준의 경사각도임을 알 수 있다.

4.7 좌현경사 및 피항 시 운동분석

4.7.1 앞서 3.4.4절에서 살펴보았듯이 선장이 피항을 결정하고 배를 선회했을 때 최종 선회까지는 약 3시간이 소요되었다. 이는 악천후 상황으로 인해 선속이 저하되었고 선수부 침수로 인한 선수 트림으로 타력이 부족했기 때문으로 볼 수 있다. 특히, 처음에 좌현 선회를 시도하다가 여의치 않아서 다시 우현 선회를 하여 힘겹게 배를 선회시켰다. 이는 선박에서 좌현 횡경사가 발생할 경우 좌현 선회는 어려워지고 우현 선회가 더 잘 이뤄지는 특성실험에서도 확인할 수 있다.⁷¹⁾

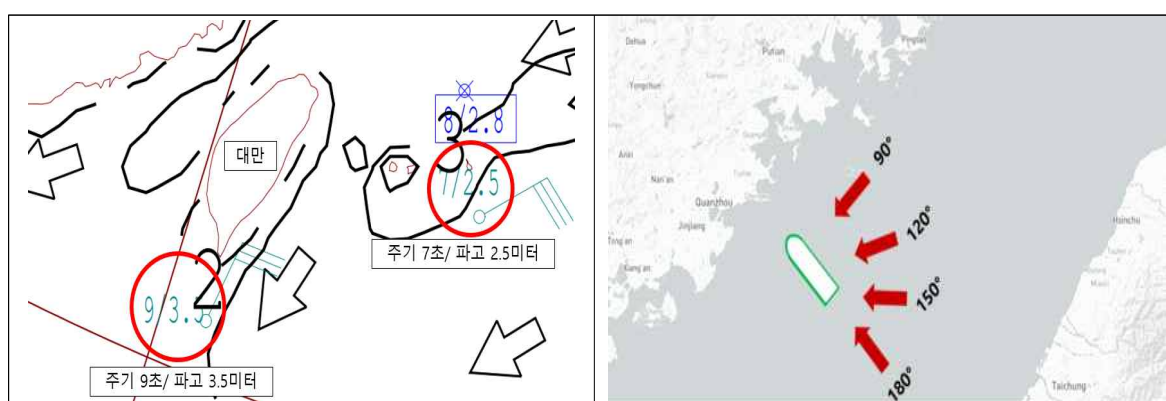
71) 윤근항 외. 2019. 횡경사상태 선박의 조종성능변화에 관한 실험적 연구. 대한조선학회논문집.

4.7.2 한편, 켈시2호에 경사가 발생한 후 최종 전복까지 진행된 선체경사의 증가와 소요시간에도 특이점을 찾을 수 있다. 켈시2호는 10월 14일 오후 16시경부터 좌현으로 기울어지기 시작하였으므로 전복된 시점인 10월 15일 11시경까지 약 19시간 동안 비교적 천천히 저속으로 경사가 되면서 전복되었다는 것을 알 수 있다.

4.7.3 이러한 전복사고의 특징은 경사속도의 변화가 비교적 작으므로 선체의 거동을 예측할 수 있고 급속하게 전개되는 전복사고에 비해서 구조시간을 상대적으로 확보할 수 있는 특징이 있다.⁷²⁾ 그러나, 켈시2호 선장은 이처럼 저속으로 경사되는 형태가 배가 곧 전복되는 상황으로 가는 전조라는 것을 사전에 미처 인지하지 못하였고, 그것은 선장이 항해를 계속하도록 결정하는 데 중대한 영향을 미쳤다.

4.7.4 이처럼 켈시2호의 침몰 사고 전개 과정에서 나타난 현상처럼 선박에 특별한 원인을 알 수 없는 침수와 선체경사가 발생할 경우, 그리고 기울어진 경사가 다시 회복되지 않는다면 선장은 그 즉시 선체 복원성 상실 가능성이 높은 것으로 판단하고 신속하게 퇴선 조치를 하는 것이 바람직하다.⁷³⁾

4.7.5 아울러, 2022년 10월 14일 22시경 켈시2호 선장이 피항을 결정하고 선회를 시작하여 다음날 01시경이 되어서야 켈시2호의 침로가 220도 정도가 되었다. 당시 인근 기상정보(그림 20, 좌)에 따르면 풍속 30노트의 북동풍이 불고 있었으며, 풍랑은 2.5미터에서 3.5미터 파고가 7초 내지 9초의 주기로 일고 있었다. 이에 켈시2호에 작용했을 것으로 추정되는 파향의 범위는 90도에서 180도 사이 범위(그림 20, 우)로 해석된다.



<그림 20> 당시 기상정보(2022년 10월 14일 12시 Z)(좌), 켈시2호 피항 당시 파향 도식(우)

72) 최순만. 2016. 저속으로 전복되는 선박사고의 선체 특성에 대한 해석적 연구. JKOSME.

73) 중앙해양안전심판원. 선장 비상대응매뉴얼. 2019년. 26쪽.

4.7.6 이러한 해상환경 조건에서 켈시2호의 운동해석을 한 결과 횡동요(Roll)의 경우 150도 방향의 선미사파를 받는 경우 최대 약 15도까지 발생하는 것으로 나타났으며, 종동요(Pitch)의 경우에는 105도의 파향에서 약 5도까지 발생하는 것으로 계산되었다.

Wave direction (degree)	Roll (deg.)			Pitch (deg.)		
	<u>RMS</u>	Significant	Maximum	<u>RMS</u>	Significant	Maximum
0	-	-	-	0.95	1.90	3.80
45	0.15	0.31	0.61	0.96	1.93	3.86
90	0.59	1.19	2.38	0.53	1.06	2.11
105	1.87	3.75	7.49	1.13	2.27	4.53
120	1.59	3.17	6.35	1.03	2.05	4.11
135	2.24	4.48	8.95	0.72	1.44	2.88
150	3.85	7.70	15.40	0.58	1.16	2.33
165	2.41	4.82	9.63	0.52	1.04	2.08
180	-	-	-	0.50	1.00	2.01

〈표 3〉 파향에 따른 켈시2호 운동해석 결과

4.7.7 켈시2호가 피항할 당시 설정한 침로는 피치 못하게 횡동요가 가장 크게 발생할 수 있는 측면파 및 선미사파를 받는 방향으로, 이로 인한 과도한 횡동요로 인해 복원력의 상실로 전복되었을 것으로 추정된다. 또한, 전복된 상태에서 갑판으로 지속적인 해수의 유입으로 인해 추가적인 침수가 발생하여 결국 침몰 되었을 것으로 추정된다.

4.7.8 한편, 선박의 속도 및 파향에 따른 선박과 파도가 만나는 조우주기의 경우 표 4와 같으며, 선박의 GM(Metacenter height)을 고려할 때 선박의 횡동요 주기는 약 13초 이상으로 추정된다. 따라서, 횡동요 주기와 조우주기가 일치할 때 발생할 수 있는 동조 횡동요⁷⁴⁾(Synchronized rolling) 현상은 발생하기 어려운 것으로 예상된다. 또한 켈시2호는 좌현 경사 이후 오랜시간 동안 지속적으로 좌현 경사가 심해지면서 침몰에 이른 경우로 이런 상황에서 동조 횡동요와 같은 급격한 선체동요는 없었을 가능성이 높다.

74) 동조 횡동요(Synchronized rolling) : 공진(Resonance) 횡동요와 같은 개념, 배의 움직임 중에 가장 위험한 횡동요로 배가 가진 고유 횡동요 주기와 파도의 주기가 일치할 때 일어나는 현상, 공진하면 운동이 급격히 커짐

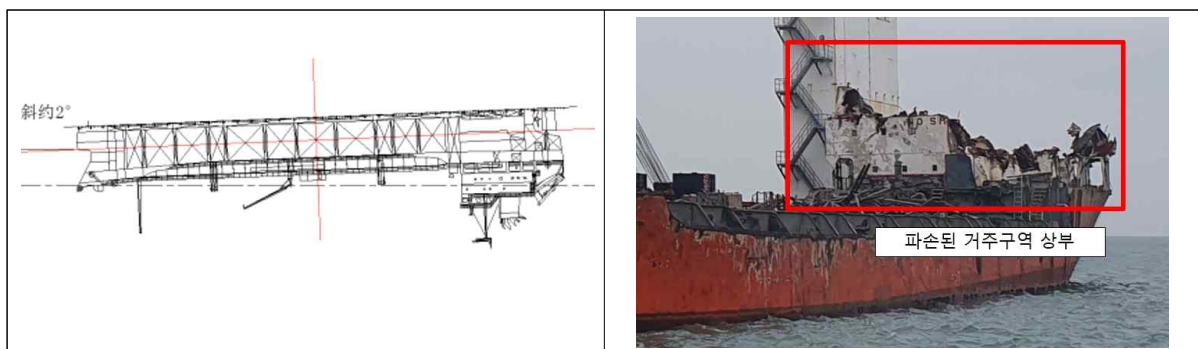
속도 파향	조우주기(s)			
	5knots	6knots	7knots	8knots
0°	4.7	4.5	4.3	4.2
30°	4.8	4.7	4.5	4.3
60°	5.3	5.1	5.0	4.9
90°	6.0	6.0	6.0	6.0
120°	7.0	7.2	7.4	7.7
150°	7.9	8.4	9.0	9.8
180°	8.3	9.0	9.8	10.8

〈표 4〉 켈시2호 조우주기 추정

4.8 인양선체 조사

4.8.1 침몰한 켈시2호는 2023년 11월 07일 인양되어서 중국 천주 (Quanzhou) 인근 연안으로 이동되었다. 대한민국 중앙해양안전심판원은 중국해사국(China MSA)의 적극적인 지원과 협조 하에 2023년 12월 19일 현장을 방문하여 인양된 선체를 조사하였다.

4.8.2 켈시2호는 침몰하는 과정에서 선체가 뒤집히면서 거주구역의 상당 부분과 콤파스 갑판(Compass Deck)이 파손되었다. 그 결과 콤파스 갑판 상에 있는 항해자료기록장치(VDR: Voyage Data Recorder)는 유실되어 회수하지 못하였다.



〈그림 21〉 침몰한 켈시2호 모습(좌, 중국해사국 조사보고서), 켈시2호 파손된 부분(우)

4.8.3 선수부나 선체 외판에 파공이나 균열은 발견되지 않았다. 다만, 인양선체의 묘쇄실에 해수를 주입하여 실험한 결과 묘쇄실 앞쪽의 선수청수탱크 내부의 심각한 부식과 파

공이 발견되었다. 또한, 4번과 5번 좌우현 평형수 탱크도 어딘가 양쪽이 통해져 있었다. 그 외 여러 구역의 연결관들에서 손상이 발견되었다.⁷⁵⁾

4.8.4 그러나, 앞서 4.4절에서 살펴본 바와 같이 사고 발생 4개월 전 실시한 선급검사에서 선체구조에 특이사항은 발견되지 않았으며 부식 등으로 수리가 필요한 부분은 신환되었다. 그러므로, 켈시2호의 인양선체에서 보여진 여러 손상들은 침몰하면서 발생한 충격 또는 장기간의 해수 노출로 인하여 발생한 선체부식과 파공으로 보는 것이 보다 합리적이며 사고 당시에 있었다고 판단하기는 어렵다.



<사진 16> 켈시2호 선수탱크 파공으로 묘쇄실의 해수가 유입되는 모습(좌), 선수탱크 격벽 부식 모습(우)

75) 중국해사국 사고조사보고서. 11쪽.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 켈시2호 침몰사고는 차항지인 군산으로 가는 항로상에 악천후 항해가 예상되었음에도 선장이 출항시간을 조정하거나 피항하지 않고 항해를 강행하면서 시작되었다. 예보된 것처럼 켈시 2호는 출항 후부터 점차 악화되는 해상기상 상태를 마주하게 되었다.
- 5.2 켈시2호는 악천후 항해가 예상되었음에도 이를 대비하기 위한 출항 전 점검을 철저히 하지 않았다. 선수창고 내부에 있는 묘쇄실의 개구부와 선수횡추진기실 문을 열어둔 채 출항하였고, 이로 인해 묘쇄 통로관을 통해서 묘쇄실로 유입된 해수가 선수창고 내부의 개구부를 통과하여 선수횡추진기실까지 침수시켰다.
- 5.3 또한, 켈시 2호는 2002년 건조된 선박으로 2005년에 개정된 국제만재흡수선조약에서 규정하고 있는, 앵커체인이 지나가는 묘쇄 통로관 상부(Chain pipe head)에 볼트를 이용하여 묘쇄관 커버(Chain pipe cover)를 영구적으로 탈부착할 수 있는 장치가 설치되어 있지 않았으며, 악천후 항해 상황에서 묘쇄 통로관을 수밀하기 위해 씌워둔 캔버스와 커버가 유실되어 묘쇄 통로관으로 해수가 유입되는 상황이 발생하였다.
- 5.4 한편, 켈시2호는 출항 당시 만재상태에서 출항하였으며, 선수부 침수 등으로 인해 만재 흡수선을 넘어선 과적 상태가 되었을 것으로 추정된다. 결국 국제만재흡수선조약에서 규정하는 최소한의 건현이 부족한 상태가 되어 예비부력이 부족한 상태였으므로 이것 또한 전복 및 침몰의 원인으로 추정할 수 있다.
- 5.5 아울러, 켈시2호 선수부에 침수가 발생한 이후 두 차례 선회하는 과정에서 갑판 상에 있는 평형수 탱크의 공기관이 파손되어 이에 1번과 2번 좌현 평형수 탱크가 침수되는 상황이 발생했을 가능성이 있다. 이에 선체는 좌현으로 경사되었고, 조종성능은 저하되었을 것으로 추정된다.
- 5.6 켈시2호 선장은 선수창고가 침수되고 좌현 경사가 발생한 비상 상황에서도 사고의 심각성을 인식하지 못하고 날씨가 호전될 것으로 예상하고 항해를 계속하여 적절한 피항 시기를 놓쳤고, 선박이 침몰하는 상황까지 이르게 되었다.

- 5.7 선장은 최종적으로 피항을 결정하고 피항지로 이동하기 위해 항로를 설정하였지만, 좌현경사가 발생한 상황에서 우현 측면파 및 선미사파로 인해 좌현 경사가 더욱 증가되었을 것이며, 이와 더불어 악천후로 인해 좌현 갑판으로 파도가 지속해서 들이쳐 피항 조선이 더 어렵게 된 측면이 있다.
- 5.8 한편, 선사는 비상상황 시에 선장에게 적절하고 충분한 지원과 정보를 제공해야 하고, 필요시 적극적으로 개입하여 선사 안전관리절차서에 따른 운항통제 절차를 이행해야 한다. 그러나 비상 상황 대응을 오직 선장의 판단에만 맡긴 채 소극적으로 대처하였고, 비상 상황에서 필요한 육상 조력 임무를 제대로 이행하지 못한 것으로 판단된다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 기상상황을 고려한 항로 및 피항지 선정

- 6.1.1 켈시2호가 출항할 당시 기상예보를 보면 목적지로 가는 예정항로에 태풍급의 강한 바람과 높은 파고가 예상된 상태였다. 그러나 선장은 피항대기 없이 출항하였다. 이후 켈시2호는 악천후를 만났고 선수가 침수되고 목적지까지 운항이 불가능한 상황에 이르러서야 뒤늦게 피항을 결정하였으나, 좌현경사가 점차 심해지면서 결국 퇴선하였다.
- 6.1.2 선장은 항해 전 항해계획을 수립할 때 기상예보를 확인하면서 악천후를 만날 가능성을 최소화하는 항로를 선정해야 하며⁷⁶⁾ 필요시 적극적인 출항대기 조치 등을 통해서 선박의 항해 안전성을 확보할 수 있도록 해야 한다.
- 6.1.3 또한, 선장은 항로의 선택과 운항에 최종 책임을 지닌 결정권자로서 사전에 적극적으로 선사와 협의하여 출항시간을 조정하거나 해상상태가 양호한 우회항로를 선택하여 항해하도록 해야 한다.⁷⁷⁾

6.2 악천후 항해 출항 전 점검 철저

- 6.2.1 켈시2호는 출항 전 악천후 항해에 대비하여 선사 매뉴얼인 ‘황천항해 점검표’에 따라 점검을 실시하였다. 그러나, 선수창고 내부에 있는 묘쇄실의 개구가 열려있는 것은 확인하지 못하였다. 이는 결국 묘쇄실, 선수창고, 선수횡추진기실이 연쇄적으로 침수하게 되는 원인이 되었다.
- 6.2.2 이처럼 악천후 항해 전 점검 소홀로 개구부 등이 개방되어 있으면 침수가 발생하고 결국 복원성이 소실되어서 선박이 전복되거나 침몰하는 사고로 이어질 수 있음을 명심하여 악천후 항해 점검을 함에 있어 소홀함이 없도록 빠짐없이 점검해야 한다.

76) 설동일, 해양기상예보.최적항로, 다솜출판사. 2017년 4판. 161쪽.

77) 한국선장포럼. 선장실무지침. 194쪽.

- 6.2.3 선장은 출항 전 선박구조 및 설비점검을 철저히 하고 특히, 악천후가 예상되는 경우 선박 내 모든 개구부 및 수밀문 폐쇄, 설비 고박, 배수펌프 등 비상설비를 점검해야 한다. 또한, 배관이 이물질이나 땀 등으로 막히지 않도록 사전 관리를 철저히 해야 한다.
- 6.2.4 아울러, 선사는 2005년 이전에 건조되어 국제만재흡수선조약의 규정을 받지 않는 선박일지라도 앵커체인이 지나가는 묘쇄통로관 상부(Chain pipe head)에 볼트를 이용하여 묘쇄관 커버(Chain pipe cover)를 영구적으로 탈부착할 수 있도록 보완하던지, 아니면 이에 준하는 방안을 마련하여 묘쇄관으로의 해수 유입이 최소화될 수 있도록 조치하여야 한다.

6.3 침수상황 발생 시 즉시 피항 실시

- 6.3.1 켈시2호 선장은 침수상황 발생 시에 두 차례의 점검 후에도 항해를 계속 감행하여 피항 시기를 놓쳤다. 선장은 원인을 알 수 없는 침수 등 비상상황이 발생하면 사고의 심각성 및 급박성을 판단하여 신속하게 피항 또는 퇴선결정을 해야 한다.
- 6.3.2 특히, 켈시2호 사고처럼 선박에 침수가 발생한 후에 비정상적인 선체경사가 발생하고 회복되지 않는다면 선체 복원성의 상실 가능성이 높은 것으로 판단하고 주저 없이 즉시 퇴선조치를 하는 것이 강하게 권고된다.⁷⁸⁾
- 6.3.3 아울러, 악천후 항해 중에 피항함에 있어서는 과도한 선체운동이 발생하는 측면파 및 선미사파를 되도록 피할 수 있는 항로를 선정하고 선박의 복원력이 소실되지 않도록 조선 시 각별한 주의가 요구된다.

6.4 비상상황 시 적극적인 육상지원의 실시

- 6.4.1 선사는 선사 안전관리절차서에 따라서 비상상황 시 적절하고 충분한 지원을 해야 하나 켈시2호의 선사는 적절하고 충분한 정보와 육상지원을 제공하지 못하였다.
- 6.4.2 선박에 침수가 발생하는 비상상황 시에 선사는 비상대응체계를 가동하여 선박의 상태를 신속하고 정확히 판단하여야 하며, 인근 피항지로 즉시 피항조치를 하도록 지원하

78) 중앙해양안전심판원. 선장 비상대응매뉴얼. 26쪽.

는 등 적극적으로 선장에게 필요한 조언과 지원을 해야 한다.

- 6.4.3 특히, 비상 상황 시 선장 판단이 판단하기 어려운 사항이 있을 때에는 이를 비상상황에 대한 현장 대응이 부족한 것으로 판단하고 육상에서는 이를 적극적으로 지원할 수 있는 의사결정시스템을 가동해야 한다.⁷⁹⁾

79) 중앙해양안전심판원. 선장 비상대응매뉴얼. 37쪽.



해양수산부

중앙해양안전심판원